



EESTI MAAÜLIKOOL  
Tehnikainstituut

**Olev Kivisikk**

**ERIHOOONETE RESERVTOITE LAHENDUSED JA  
ELEKTRIPAIGALDISED**

**ELECTRICAL INSTALLATION AND RESERVE SUPPLIES  
FOR SPECIAL PURPOSE BUILDINGS**

Magistritöö  
Energiakasutuse õppekava

Juhendaja: professor Andres Annuk

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Fr. R. Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Olev Kivisikk		Õppekava: Energiakasutus	
Pealkiri: Erihoonete reservtoite lahendused ja elektripaigaldised			
Lehekülgi: 83	Jooniseid: 15	Tabeleid: 3	Lisasid: 7
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika			
4.17. Energeetikaalased uuringud			
T140 Energeetika			
Juhendaja(d): professor Andres Annuk			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
<p>Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida perspektiivseid lahendusi ja võimalusi hoonete elektripaigaldiste parendamiseks ja elektrivarustuse kindluse tõstmiseks.</p> <p>Valimi alusel teostatud objektide ülevaatuste käigus selgitati välja kõige kriitilisemad elektripaigaldiste puudused ja parendamise lahendused ning võimalused, mille likvideerimine annab rekonstrueerimisel parimaid tulemusi. Kaardistamise käigus tuvastati, et kuigi uuritavate objektide elektripaigaldised vastavad kehtivatele nõuetele ja selle kohta on objektidele väljastatud positiivsed auditite protokollid, puuduvad paljudel objektidel peale kaasajastatud varutoitesüsteemide ka häirete korral hoone ja selle kasutajate ohutust tagavad süsteemid, millega on võimalik tagada väljakutse- ja kriisiolukordades hoonete eesmärgipärane funktsionaalsus ja töö jätkumine.</p> <p>Uurimistöö tulemuste analüüsimisel jõuti järeldusteni, et praegu kasutuses olevate varasemalt ehitatud hoonete puhul on teatud piirini mõistlik garanteeritud toitelahenduste rekonstrueerimine ja elektripaigaldiste parendamine, kuid mõningatel juhtudel on otstarbekas alustada uute hoonete arendusega seotud tegevustega.</p>			
Märksõnad: ESP, generaator, LTP, PRP, RLA, testkoormus, UPS, möödaviik			

Estonian University of Life Sciences Fr. R. Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master’s Thesis	
Author: Olev Kivisikk		Curriculum: Energy Application Engineering	
Title: Electrical Installation and Reserve Supplies for Special Purpose Buildings			
Pages: 83	Figures: 15	Tables: 3	Appendixes: 7
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering 4.17. Energetic Research T140 Energy research Supervisors: prof. Andres Annuk Place and date: Tartu 2021			
<p>This master's thesis aimed to study perspective solutions and possibilities for improving the electrical installations of buildings and increasing electricity supply security.</p> <p>During the inspections of the objects performed based on the sample, the most critical shortcomings of the electrical installations and improvement solutions were identified. The possibilities, the elimination of which gives the best results during the reconstruction. The mapping revealed that although the surveyed objects' electrical installations meet the current requirements and have positive audit reports. Many sites lack modern safety systems and modernized backup power supply systems to ensure buildings' intended functionality in challenging and crises the continuation of work.</p> <p>The analysis of the research results concluded that in the case of existing buildings currently in use, it is reasonable to reconstruct guaranteed power supply solutions and improve electrical installations. Still, it is reasonable to start activities related to the development of new buildings in some cases</p>			
Keywords: ESP, generator, LTP, PRP, automatic transfer switch, test load, UPS, bypass			

# SISUKORD

TÄHISED JA LÜHENDID .....	5
SISSEJUHATUS .....	6
1. OLEMASOLEVA OLUKORRA HINDAMINE .....	8
1.1. Üldist .....	8
1.2. Nõuded mitteeluhoonetele .....	8
1.3. Objektide olukorra ja parendamise vajaduste hindamine .....	9
2. GENERAATORIGA TAGATUD VARUTOITESÜSTEEMID .....	14
2.1. Üldist .....	14
2.2. Nõuded varutoitegeneraatoritele .....	14
2.3. Generaatorite valik ja paigaldamise nõuded .....	16
2.3.1. Generaatorite valiku alused .....	16
2.3.2. Generaatorite paigaldamise nõuded ja tingimused .....	20
2.4. Nõuded RLA-süsteemidele ja nende rekonstrueerimine .....	21
2.5. Garanteeritud toidete keskuste ehitamise nõuded .....	27
3. VARUTOITESÜSTEEMID UPS-ga .....	29
3.1. Üldist .....	29
3.2. Nõuded UPS-le ja seadme valiku alused .....	32
3.3. UPS-toitega tagatud hoone seadmed ja süsteemid .....	36
3.4. Hoone varutoitesüsteemi komplekslahendus .....	37
4. GENERAATORI TESTKOORMUSKATSETUSED .....	41
4.1. Üldist .....	41
4.2. Nõuded testkoormuse ühenduspunktidele .....	42
4.3. Ühenduspunktide ehitamine ja paigaldamine .....	43
4.4. Testkoormuskatsetuste korraldamine ja läbiviimine .....	44
5. ELEKTRIPAIGALDISTE PARENDAMISE LAHENDUSED .....	47
5.1. Üldist .....	47
5.2. Parendamise erilahendused .....	47
6. PARENDUSTE TEOSTAMINE JA TULEMUSED .....	53
6.1. Tööde tehniliste kirjelduste koostamine .....	53
6.2. Riigihanke korraldamine ja läbiviimine .....	64
6.3. Tööde teostamise järelevalve ja vastuvõtmine .....	65
6.4. Objektidel läbi viidud uuringute kokkuvõte .....	66
KOKKUVÕTE .....	73
KASUTATUD KIRJANDUS .....	75
LISAD .....	77
Lisa 1. Kontaktoritegaehitatud RLA .....	77
Lisa 2. Mootorajamitega lülititega ehitatud RLA .....	78
Lisa 3. Mootorajamitega lülititega RLA, šuntvabasti ja TK-kilp skeemil .....	79
Lisa 4. Operatiivautode laadimispunktid .....	80
Lisa 5. Varutoite generaatorid .....	81
Lisa 6. Tesatkoormuse ühenduspunktid .....	81
Lisa 7. Lihtlitsents .....	83

## TÄHISED JA LÜHENDID

RKAS	– Riigi Kinnisvara Aktsiaselts
EP	– (hoone) elektripaigaldis
PJK	– hoone peajaotuskeskus
GTK	– garanteeritud toidete keskus
RLA	– reservlülitusautomaatika
DG	– (varutoite) diisलगeneraator
TK	– testkoormuse kilp
ÜP	– (testkoormuse) ühenduspistik
IP	– seadme kaitseastme numbriline näit (Ingress Protection)
IK	– seadme ümbriste mehaanilise kaitstuse aste (Impact Kinetic Protection)
PMG	– generaatori püsimagneetergut
AREP	– generaatori staatori mähistes asuv sõltumatu ergutussüsteem
PRP	– generaatori pidevtöö võimsus (Prime Power)
LTP	– generaatori limiteeritud ajaga töötamise võimsus (Limited Time Power)
ESP	– generaatori avarii-/reserv-võimsus (Emergency Stand-By Power)
UPS	– katkematu toite allikas ( <i>Uninterruptible Power Source</i> )
<i>Bypass</i>	– ühendus, millega elektritoide edastatakse seadmest mööda
kVA	– kilovoltamper - näivvõimsus
kW	– kilovatt - aktiivvõimsus
VRLA	– ventiilidega reguleeritud pliiakud ( <i>Valve-Regulated Lead-Acid Battery</i> )

## SISSEJUHATUS

Magistritöö teema valiku aluseks on selle otsene seos töö autori juba lõpetatud ja veel töös olevate projektidega, teema on huvipakkuv ning moodustab olulise osa autori praeguste tööülesannete mahust.

Magistritöö eesmärk on kirjeldada hoonete elektripaigaldiste, süsteemide ja seadmete olemasolevat olukorda ja tuvastatud kõrvalekaldeid. Kirjeldada varutoidete lahendusi ning parendamise ja ohutumaks muutmise põhimõtteid ning nendega seonduvaid tegevusi vastavalt RKAS-i väljatöötatud juhendile [1], lisaks tutvustada meie firma inseneride iseseisvalt väljatöötatud lahendusi. Kirjeldatud lahendused tagavad objektide varutoite nii tava- kui ka kriisiolukordades.

Seonduvalt uuritavate objektide kasutusvalmiduse loomisega ka kriisi- ja muudes ettenägematutes olukordades ei käsitleta uurimistöös taastuenergia, nagu tuule- ja päikeseenergia, ja nende kombineeritud lahendusi. Näiteks Off-Grid süsteemid, milles on kombineeritud nii päikese-, tuuleenergia kui generaatori lahendused.

Samuti ei ole töös käsitletud seonduvalt töö mahu piirangutega hooneautomaatika- ja nõrkvoolusüsteemidega tagatud parenduste ja täienduste lahendusi.

Järgnevalt annab töö autor lühikese ülevaate olukordadest ja tingimustest, millest tulenevad nimetatud hoonetele uuenenud nõuded ja lahendused.

Varem olid paljudes hoonetes olemas varutoitegeneraatorid, kuid neil puudusid tehnilised ja ohutud võimalused viia läbi vajalikke tehasepoolses juhendis ette nähtud ja määratud perioodsusega koormusteste. Nimetatud nõuded tulenevad tootjapoolsetest juhenditest, mille alusel on vajalik korraldada nimetatud teste perioodilisusega üks kord kuus kestusega minimaalselt kuuskümmend minutit.

Koos testkoormuste ühenduspunktide väljaehitamisega tekkis vajadus objektide elektripaigaldiste reservlülitusautomaatika (RLA) rekonstrueerimiseks, kuna paljude

hoonete elektripaigaldistes oli olemasolevate lahendustena kasutatud põhi- ja reservtoite ümberlülititena magnetkäiviteid (kontaktoreid), mille töökindlus on tunduvalt väiksem kui mootorajamiga lülititel ja millel puudub toitekatkestuse korral pingevas olukorras vajalike ohutust tagavate lülituste tegemise võimalus.

Varem ehitatud ja kasutuses olevates hoonetes puudusid häire korral hoone ja selle kasutajate ohutust tagavad süsteemid.

Seoses eeltooduga oleme välja töötanud lahendused, et teha nimetatud hoonete kasutamine paremaks, ohutumaks ja teatud juhtudel ka vähem energiakulukaks.

Sellisteks lahendusteks on hoone RLA-süsteemide ja nende juhtimise rekonstrueerimine, varutoitegeneraatoritele testkoormuste ühenduspunktide ehitamine ja kasutajate ohutust ning hoone kasutusvalmidust tagavate süsteemide, nagu reageerimistee valgustuse, kuumutusseadmete (keris, pliit) blokeeringu, garaaživalgustuse automaatika ja autode garaažide mootorajamitega tõstandustele sisse- ja väljapoole fooride paigaldamine.

Teatud juhtudel ja olukordades on toitekatkestuse korral osutunud vajalikuks ka arvutite, jälgimis- ja nõrkvooluseadmete töö normaalseks tagamiseks UPS-süsteemide rekonstrueerimine ja/või laiendamine.

Seoses eeltooduga juhib töö autor tähelepanu asjaolule, et nimetatud parenduste puhul on tegemist pideva protsessiga, mis ei ole veel lõppenud, vaid areneb ja täiustub reaalajas. Seda vastavalt hoonete kasutamise täienevatele nõuetele ja vajadustele ning kasutajatele esitatavate nõuete ja tingimuste pidevale ajas muutumisele.

# **1. OLEMASOLEVA OLUKORRA HINDAMINE**

## **1.1. Üldist**

Töö eesmärgiks on uurida kasutuses olevate hoonete olemasolevaid elektripaigaldisi ning välja töötada lahendused nendes varustuskindluse parendamiseks ja elluviimiseks. Selle käigus on objektidel ülevaatuste abil ning olemasoleva dokumentatsiooni alusel läbi viidud olukorra hindamine, leidmaks optimaalseid lahendusi varustuskindluse tõstmiseks.

Magistritöös esitatud lahenduste nõudeid ja ehitamise üldpõhimõtteid rakendatakse vastavalt vajadusele hoonetes ja rajatistes nende projekteerimisel, ehitamisel ja rekonstrueerimisel, kus riigihangete ja tööde korraldajaks on RKAS.

Kirjeldatud lahendusi kasutatakse RKAS-i korraldatavate projekteerimise ja ehituse hankedokumentide lisana ja nendega seonduvaid kirjeldusi ning nõudeid võib muuta, täiendavaid nõudeid seada või teatud nõuetest loobuda, sõltuvalt ehitatava või rekonstrueeritava hoone või rajatise spetsiifikast ning hoone kasutaja konkreetsetest vajadustest.

Viimastel aastatel on RKAS-i poolt korraldatud ja läbi viidud paljude uute hoonete projekteerimine ja ehitamine ning täies mahus rekonstrueeritud olemasolevate hoonete tehnosüsteeme. Väga paljudel varem ehitatud objektidel on korrastatud hoonete elektripaigaldisi ja välja ehitatud parenduslikke ning kasutajate ohutust tagavaid süsteeme.

Käesolevas magistritöös on viidatud konkreetsetele seadustele, normidele, standarditele ja väljatöötatud lahendustele ning nende ehitamisega seonduvatele erinõuetele.

## **1.2. Nõuded mittelehoonetele**

Käesolevas töös on aluseks võetud ja kasutatud RKAS-i koostanud ning igal aastal uute versioonidega täiendanud tehnilisi nõudeid sisaldav dokument [1], millega täiendatakse



riigihangete projekteerimise ja ehitamise nõudeid mitteeluhoonete, nagu büroohooned, koolimajad, ühishooned jms puhul. Hetkel on kehtiv versioon „RKAS tehnilised nõuded mitteeluhoonetele 2020“, mis on kättesaadav RKAS-i kodulehel rubriigis „Parim praktika” aadressil <https://nouded.rkas.ee/>.

Pidevalt uuenevates ja täienevates nõuetes on pööratud erilist tähelepanu eelnimetatud hoonete energiasäästlikkuse, funktsionaalsuse, turvalisuse ja kasutajamugavuse ning hoone ja selle kasutajate ohutuse tagamisele ja tõstmisele.

Nimetatud nõuete tugevooluga seonduvasse osasse on lisatud ja selles on täiendatud hoonete elektripaigaldise süsteemide ja seadmetega seonduvad erinõuded varutoitegeneraatoritele ning nende testkoormuste ühenduspunktile ja UPS-seadmetele. Lisaks eelnevale kajastavad nimetatud nõuded ka elektripaigaldiste parendamise lahendusi ja nendega seonduvaid nõudeid.

Viimasel ajal on hakatud erilist tähelepanu pöörama uute projekteeritavate ja ehitatavate hoonete garanteeritud ehk varutoitesüsteemide ehitamisele ja juba kasutuses olevate hoonete nimetatud süsteemide rekonstrueerimisele ja täiendamisele. Hoonetesse, kuhu hetkeseisuga ei ole generaatoriga varutoidet ette nähtud, paigaldatakse vastavalt hoone peakaitsmele mobiilsete generaatorite ühenduspunktid.

Mitteeluhoonetes on üldjuhul pidev varutoide tagatud vastavalt hoone riskihinnangule ja kasutamise eripäradele alates minimaalsest 24 tunnist kuni 72 tunnini. Praegusel ajal on käimas lahenduste ja võimaluste uuringud, et tagada vajadusel teatud hoonete katkematu varutoide kuni 144 tundi.

### **1.3. Objektide olukorra ja parendamise vajaduste hindamine**

Objektide elektripaigaldiste tegeliku olukorraga seonduvad uuringud jagunesid kahte suurde rühma, mille käigus toimus kõigepealt asjakohase ja kättesaadava dokumentatsiooni kogumine ja analüüs ning seejärel objektide ülevaatus ja kaardistamine.

Suuremate objektide puhul on uuringuid võimalik läbi viia kahel erineval moel:

1. korraldada hankega hoone elektripaigaldise seisukorra audit vastavalt määrustele [2] ja [3], mille käigus tehakse vajalikud uuringud, elektrotehnilised mõõdistused, ajakohastatakse kogu hoone elektripaigaldise teostusjoonised ja/või kilbiskeemid ning esitatakse rekonstrueerimistööde vajalikud kirjeldused koos tööde mahtude tabelitega.
2. uurimistöö viib läbi eriala insener/projektijuht dokumentatsiooni ja objektiga tutvumise käigus visuaalsete vaatlustega.

Magistritöös kirjeldatavate ja käsitletavate uurimistööde raames on töö autor korraldanud ning läbi viinud hulgaliselt hoonete auditite hankeid ja tutvunud uurimistööde käigus *ca* 50 objektil hoonete elektripaigaldiste ja nende dokumentatsiooniga.

Objektide külastamise käigus kaardistati nendel objektidel ka varasemad garanteeritud toidete ja elektripaigaldiste parendamiseks kasutatud lahendused ja vajalikud täiendused.

Dokumentatsiooniga seonduvates tegevustes oli oluline koht ka loetletud objektidel olemasoleva hooneautomaatikasüsteemi määratlemisel ja selle visualiseerigu ehk kaugjälgimise olemasolu ning võimaluste tuvastamisel.

Kasutuses olevate hoonete puhul viidi enne varutoidete ja parenduste lahenduste projekteerimise ja/või ehitamise alustamist läbi põhjalikud objektide elektripaigaldiste uuringud, mille käigus selgitati välja võimalused ja vajalikud lahendused elektripaigaldiste rekonstrueerimiseks parendamise eesmärgil.

Objektide külastustega seonduvate uuringute käigus pöörati erilist tähelepanu järgnevate seadmete ja süsteemidega seonduvate olukordade hindamisele ja kaardistamisele:

- elektripaigaldise üldine seisukord (kaabeldus, kilbid, valgustus jms);
- garanteeritud toidete ulatus objektil kas läbi kogu hoone või läbi GPK osaliselt;
- RLA-süsteemi ehitus kas magnetkäivititega või mootorajamitega lülititega;
- statsionaarse varutoitegeneraatori olemasolu ja selle sobivus elektripaigaldisega;
- generaatori võrguga paralleeltöö võimekus;
- hooneautomaatika kilpide asukoht hoones (seonduvate tööde mahu hindamine);
- RLA ja generaatori häire- ja olekusignaali seotus hooneautomaatikaga;
- generaatori testkoormuskilbi olemasolu;
- lisakütusemahutite olemasolu ja suurus ning kütusetaseme näidikute olemasolu;

- võimalused objektile lisamahutite paigaldamiseks;
- autode välitingimustes asuvate laadimispunktide olemasolu objektil;
- valgusfooride olemasolu garaažide mootorajamitega juhitavatel tõstandustel;
- reageerimistee valgustuse olemasolu objektil;
- kuumutusseadmete blokeeringu olemasolu objektil;
- häirekilbi olemasolu objektil.

Objektide ülevaatuste käigus fikseeriti ka järgnevalt loetletud parenduslike süsteemide olemasolu või puudumine:

- valgusfoorid garaažide mootorajamitega tõstandustel;
- reageerimistee valgustus;
- garaaži valgustuse juhtimise automaatika;
- kuumutusseadmete blokeering;
- autode laadimispunktid;
- häirekilp;
- päikesepaneelid ja/või tuulegeneraator jms.

Põhiliselt kasutatakse uuritavatel objektidel varutoitesüsteemidena

- avariitoitegeneraator(eid),
- UPS-seadet/seadmeid.

Tiheasustusega piirkondades võib objekti varutoitesüsteemiks lugeda ka kahte või enamat eraldiseisvat liitumispunkti ehk toitefiidrit, kuid suurema elektritoitekatkestuse korral võib ikkagi tekkida olukord, kus hoone tuleb üle viia elektrigeneraatori toitele.

Teiseks oluliseks eelduseks elektripaigaldiste parendamisel on toimiva hooneautomaatika olemasolu ja elektripaigaldise tõrgeteta töö tagamiseks või avariiliste olukordade kiireks likvideerimiseks vajalike häire- ja olekusignaali sidumine vajalike seadmetega.

Hoone varutoite valmiduse tagamiseks paigaldatakse tavaliselt hoone välisseinale või selle lähedusse mobiilsete generaatorite ühenduspunktid.

Praegusel ajal projekteeritakse ja ehitatakse nii uutele kui ka kasutuses olevatele hoonetele ka päikeseelektrijaamu (peamiselt katustele) ja erandjuhtudel (nt saartel) paigaldatakse autonoomseid tuulikuid. Seundvalt nende tootlikkuse olulise sõltuvusega

ilmastikutingimustest ja aastaegadest ei saa neid lugeda antud tööga seonduvate ja paljuski kriitilise tähtsusega objektide varutoitesüsteemideks, vaid pigem toetavateks süsteemideks, mis täidavad ka roheline energia kasutamise eesmärgi ja aitavad vähendada elektritarbimise kulusid.

Antud magistritöö mahus/raames ei käsitleta taastuvenergiaallikatega, nagu päikeseelektrijaamad ja tuulikud, ning hooneautomaatikaga seonduvaid lahendusi seoses otseselt töö suunitlusega ning kaasneva töö mahu olulise suurenemisega.

Uuringute käigus tehti palju fotosid ja võrreldi dokumentatsiooni asjakohasust olemasoleva olukorraga, seda just eriti olemasolevate kilbiskeemide ja kohapealsete võimalike täienduste ning muudatuste võrdlemisel.

Uuringute tulemuste kokkuvõttena kirjeldab töö autor avastatud ja enamlevinud puuduseid:

- RLA-d olid ehitatud magnetkäivititega (kontaktoritega);
- puudusid RLA-de sekundaarskeemid;
- RLA-d juhtiva kontrolleri akud olid hooldamata ehk iganenud;
- RLA häired olid sidumata hooneautomaatikaga;
- objektile oleval generaatoril puudus testkoormuse ühenduspunkt.

Tulemuste üldistatud kokkuvõtteks võib välja tuua järgnevad põhilised rekonstrueerimise vajadused:

- kilbiskeemide ja teostusjooniste ajakohastamine;
- RLA-de rekonstrueerimine;
- varutoitesüsteemide (generaator ja/või UPS-seade) kaasajastamine;
- testkoormuse ühenduspunktide ehitamine;
- generaatori- ja RLA-signaalide sidumine hooneautomaatikaga;
- kütusemahutitele andurite paigaldamine ja signaalide viisualiseerimine;
- kütusemahutite suurendamine vastavalt generaatori kütusekulule ja/või nõuetele.

Mõndadel objektidel puudusid ka parenduslikud süsteemid, nagu:

- kuumutusseadmete blokeeringud;
- reageerimistee valgustus;
- foorid garaažide tõstandustel jms.

Osadel objektidel oli puuduseks ka kaasaegse ja töötava hooneautomaatika olemasolu ja/või häire- ja olekusignaali kas osaline või puudulik sidumine hooneautomaatikaga.

Uuringute kokkuvõtete alusel koostati objektipõhised tehnilised kirjeldused edaspidiste projekteerimise, rekonstrueerimise ja/või ehitustööde hangete korraldamiseks ja läbiviimiseks.

Järgnevalt tutvustab töö autor varutoitesüsteemide üldiseid kasutuse lahendusi ja kirjeldab põhiliselt kasutatavaid elektripaigaldiste parendusi.

Antud magistritöö raames läbiviidud uuringute kokkuvõtteks on koostatud ülevaatlilikud tabelid. Hangete läbiviimiseks koostatud tööde tehnilised kirjeldused on ära toodud käesoleva töö punktis 6. Parenduste teostamine ja tulemused.

## **2. GENERAATORIGA TAGATUD VARUTOITESÜSTEEMID**

### **2.1. Üldist**

Varutoitegeneraator on kombineeritud süsteem diiselmootorist ja elektrigeneraatorist. See toodab elektrienergiat ja seda kasutatakse põhiliselt avariitoiteallikana suurettevõtetes ja -asutustes

- elektrienergia pidevtootmiseks näiteks suurüritustel, hajaasustatud piirkondades ja laevadel;
- toitevõrgu tipu katmiseks, st olukorras, kus elektrivõrgu liitumispunkti läbilaskevõime ei suuda katta tarbimise tippkoormustel kogu vajaminevat võimsust.

Elektrienergia tootmiseks kasutatakse vedelkütust eelkõige Lähis-Ida riikides, kus nafta on väga odav. Diisलगeneraatori valiku aluseks on täpne arusaam generaatorite reitingutest ja nendega seonduvatest võimsustest, mida on täpsemalt kirjeldatud standardites [4, 5].

Kaasaegne generaatorseade on üldjuhul välistingimustes paiknev helikindlas kestas olev diisलगeneraator, millel peab olema vastavalt nõuetele [1] komplektis kütusemahuti kütusevaruga minimaalselt 72 tunniks (kolmeks ööpäevaks).

Diisलगeneraator, mille võimsus on suurem kui 1000 kW ja mis on ajutises paralleeltöös elektrivõrguga, klassifitseerub Võrgueeskirja järgi elektri tootmise seadmeks ja sellest johtuvalt kehtivad sellele kõik elektritootmise seadmete kehtestatud nõuded. [6]

### **2.2. Nõuded varutoitegeneraatoritele**

Diisलगeneraatorsüsteem tuleb paigaldada tervikseadmena koos kõigi vajalike lisatarvikutega (sh kütusemahutiga). Diisलगeneraator peab vastama standardile EVS-ISO 8528-1 „Sisepõlemis-kolbmootoriga vahelduvvoolu generaatorid” ja peab omama CE märgist ning ei tohi ületada lubatava müra taset. Generaatori ümber peab olema piisav

ruum seadme teeninduseks ja lisaseadmete (kütusepaagid, elektrikeskus, testkoormuse ühenduspunkt, mürasummutid jms) paigalduseks.

Praeguste RKAS-i [1] nõuete kohaselt peab garanteeritud toitesüsteem olema võimeline kindlustama 72 tunni jooksul kas läbi RLA kogu hoone või GPK-ga ühendatud seadmete ja süsteemide pideva töö põhitoite kadumisel. Generaator peab käivituma ja olema võimeline taastama täielikult tarbijate elektrivarustuse maksimaalselt 15 sekundi jooksul pärast põhitoite katkemist ja tagama toitepinge 230/400 V, 50 Hz ning olema võimeline 10% ülekoormuseks ühe tunni kestel vastavalt ISO 8528-1 regulatsioonile.

Praegusel ajal leiab laialdast kasutust varutoitegeneraatori ajutine paralleeltöö võrguga, kus võrgupinge taastumisel sünkroniseeritakse omavahel generaatori ja võrgu pinged. Seejärel on generaator ja võrk 10 sekundi jooksul paralleeltöös võrguga ning siis kantakse koormus generaatorilt 10 sekundi jooksul sujuvalt võrku üle. Sellisel lahendusel ei teki põhitoitevõrgu taastumisel toimuval RLA ümberlülitusel tagasi võrku teist elektritoite katkestust ja sellega seondult ka voolutõuget võrgule. [6]

Varem soovitati sellist lahendust kasutatada generaatoritel, mille võimsus oli 200 kW või suurem, kuid praegu kasutatakse antud lahendust vastavalt juhendile [6] ka väiksema võimsusega seadmetel, mis paljuski tuleneb hoone kasutamise otstarbe ja prioriteetidega seonduvatest nõuetest.

Generaatori ajutise paralleeltöö võimekuse elektrivõrguga üheks oluliseks eelduseks on kas sõltumatu ergutuse (AREP) või püsिमagnetergutuse (PMG) kasutamine seadmel.

Ajutise paralleeltöö korral võrguga kehtivad generaatorile järgnevad nõuded [6]:

- Diisलगeneraatoril peavad olema järgmised kaitsed paralleeltöö ajal võrgukatkestuse puhuks katkestuse detekteerimise ja väljalülitamisega 200 msek jooksul:
  - ANSI 21 – *Minimum of Impedance*,
  - ANSI 78 – *ROCOF (Rate of Change of Frequency) ja Vector Shift*.
- Ajutise paralleeltöö seade ei tohi paralleeltöö ajal anda toodetavat võimsust võrku.

Garanteeritud toitesüsteemi häired ja olekud tuleb vastavalt kehtivatele nõuetele [1] edastada hooneautomaatika süsteemi.

Edastatavad häired on:

- Generaatori üldhäire (sisaldab häirete n-ö komplekti);
- Generaatori kütuse nivoo  $\frac{1}{2}$  ja min. nivoo häire;
- Generaatori olek (aut., käsi, väljas, töös);
- Generaatori aku toite häire.

Süsteem peab olema võimeline kindlustama generaatoriga ühendatud koormuste pideva töö, kui põhielektrivarustus lakkab töötamast. Süsteem peab olema võimeline taastama täielikult esmatarbijate elektrivarustuse maksimaalselt 15 sekundi jooksul pärast põhitoite elektrivarustuse katkemist ja tagama 230/400 V, 50 Hz ning olema võimeline 10% ülekoormuseks ühe tunni kestel vastavalt standardite [4, 5] regulatsioonile.

Generaatori töötamisel ei tohi olla häiritud UPS-seadme töö, sh akude laadimine.

Generaatori testseadmega ühendamiseks tuleb generaatori juurde ehitada eraldiseisev testkoormuskilp (TK), milles olev hetkvabastiga kaitselüliti kontrollib pingekontrolli releega hoone normaaltoite olemasolu testimise ajal ja selle kadumisel lülitab generaatori hetkeliselt ümber hoone elektripaigaldise toiteks.

Täpsemad nõuded garanteeritud toitesüsteemile on esitatud juhendis [1].

## **2.3. Generaatorite valik ja paigaldamise nõuded**

### **2.3.1. Generaatorite valiku alused**

Generaatori valimisel kas olemasolevale või uuele elektripaigaldisele on oluline teada:

- hoone kõikide seadmete ja süsteemide keskmist koormust;
- maksimaalset hetkelist koormust suuremate seadmete käivitumisel (nt elektrimootorid);
- UPS-seadmete olemasolu ja võimsust elektripaigaldises;
- statistilist aastast elektritoite katkestuste arvu piirkonnas;
- generaatori planeeritavat töö iseloomu, kas iseseisev töö, ajutine paralleeltöö võrguga, pidev paralleeltöö võrguga;
- perspektiivse suurema kui 10 kVA UPS-seadme paigalduse võimalikkus.



Järgnevalt tuuakse välja tähtsamad generaatorile iseloomulike võimsuste kirjeldused, mis on olulised ja vajalikud eeldused sobiliku generaatorseadme valikul:

- **Continus Power (COP)** ehk jätkuv võimsus on generaatori pidevtöö võimsus töötamisel koormuste vahemikus 70% kuni 100% oma nimivõimsusest, eeldusel, et koormus on stabiilne ja sellisel juhul puuduvad ka aastased töötundide normid ehk piirangud. [6];
- **Prime Power (PRP)** ehk pidevtöö võimsus, mille puhul on generaator võimeline töötama erinevatel koormustel ja mille korral on generaatoril võimekus ületada 10% nimivõimsust kestusega üks tund iga 12 tunni järel, kuid selliseid ülekoormuseid ei tohi aastas olla rohkem kui 25. Aastane töötundide arvuline piirang puudub. [6];
- **Limited Time Power (LTP)** ehk limiteeritud ajaga töötamise võimsus on analoogsete tingimustega nagu eelnevalt kirjeldatud PRP ning millele on lisatud piirang – 500 töötundi aastas. [6];
- **Emergency Stand-By Power (ESP)** on diisलगeneratori avariitöö või reservvõimsus, mille puhul ta võib töötada erinevatel koormustel ületamata nimikoormust ehk lubatud ei ole ülekoormus. Aastane lubatud töötundide arv on 200 ja 24-tunniste tsüklitega töötamisel 70% nimivõimsusega. [6].

Varutoitegeneraatori mudeli markeeringus kasutatakse tavaliselt seadme ESP reitingu näivvõimsuse numbrit ehk markeeringu näiteks J110, TH110 jms.

Generaatori andmesildil on üldjuhul antud kaks olulist tunnussuurust:

- PRP ehk pidevtöö reiting/võimsus ja
- ESP ehk avariitöö reiting/võimsus.

Generaatori võimsuseid ja lubatavat maksimaalset töövoolu saab andmesildil oleva markeeringu järgi vajadusel ka ise alljärgnevate valemite abil välja arvutada:

Seadme ESP reiting 110 kVA/88 kW on võrdne PRP reitinguga 100 kVA/80 kW ja seega ei tohi generaator pidevtööl (PRP) suurema võimsusega kui 80 kW töötada.

Generaatori võimsustegur  $\cos f = 0,8$ .

Seadme näivvõimsuse alusel saab aktiivvõimsuse välja arvutada valemiga:

$$P = \frac{S}{\cos f} \Rightarrow P = \frac{S}{0,8} \quad (2.1)$$

kus  $P$  on generaatori aktiivvõimsus, kW;  
 $S$  – generaatori näivvõimsus, kVA;  
 $\cos f$  – generaatori võimsustegur,  $\cos f = 0,8$ .

Generaatori töövoolu kontrollarvutamiseks pingesüsteemil 230/400 V võib kasutada kordajat 1,44.

Näide: kui generaatori näivvõimsus on 100 kVA, siis arvutuslik lubatav max vool on:

$$I_{GEN} = S \cdot 1,44 \Rightarrow I_{GEN} = 100 \cdot 1,44 = 144 \text{ A} \quad (2.2)$$

kus  $I_{GEN}$  on generaatori arvutuslik max töövool, A;  
 $S$  – generaatori näivvõimsus, kVA;  
1,44 – arvutuslik kordaja.

Hoonete generaatoriga tagatud varutoitesüsteem on võimalik üles ehitada kahel põhimõtteliselt erineval viisil, kus garanteeritud toitele viiakse:

1. kogu hoone, mille korral RLA lülitab varutoitele kogu hoone elektripaigaldise. Selline lahendus nõuab vähemalt hoone liitumispunkti läbilaskevõimega võrdelise suurusega generaatorit. Juhul kui hoone sisaldab ka suuri UPS-seadmeid, siis tuleb arvestada kuni 1,5-kordse võimsusega.
2. hoone osaliselt ehk hoone kindlaksmääratud süsteemid ja/või seadmed, mis on ühendatud garanteeritud toidete kilbiga GTK, mis on läbi RLA ühendatud generaatoriga. Sellise lahenduse üheks olulisemaks puuduseks on hoone edaspidise seadmete/süsteemide garanteeritud toitele lisamise vajadused ehk GTK-kilbi laiendamine. Eeliseks on kasutatava varutoite generaatori väiksem võimsus ja sellega seonduvalt ka seadme väiksem maksumus ja väiksemad ekspluatatsioonikulud.

Kolmanda võimalusena on mõningatel harvadel juhtudel kasutuses ka lahendus, kus generaatoriga on otse ühendatud ainult mingi konkreetne kriitilise tähtsusega seade.

Uutes lahendustes on lähtutud põhimõttest, et garanteeritud ehk generaatoritoitega on tagatud kogu hoone elektripaigaldis, mis hõlmab ka automaatika ja nõrkvoolusüsteeme. Nimetatud lahenduse eelis seisneb selle suuremas töökindluses, kuna põhitoite kadumisel lülitatakse läbi RLA-süsteemi generaatoritoitele kogu hoone elektripaigaldis. Samuti puudub selle lahenduse puhul seonduvalt täienevate nõuetega või hoonesse lisanduvate seadmete ja/või süsteemidega olemasoleva garanteeritud toidete kilbi laiendamise või rekonstrueerimise vajadus.

Antud lahenduse puhul tuleb arvestada asjaoluga, et generaatori võimsus on võrdelises seoses võrguühenduse läbilaskevõimega liitumispunktis ning selle suurendamise vajaduse korral tuleb välja vahetada ka generaator.

Konkreetses elektripaigaldise korral tuleb varutoitegeneraatori valikul arvestada, et üldjuhul talub generaator tühijooksult sisselülitamise korral maksimaalselt 60-65%-list voolutõuget oma nimivõimsusest, eriti tuleb seda arvestada paigaldises olevate suuremate staatilist iseloomu omavate tarbijate korral, mille  $\cos f = 1$ .

Järgnevalt on varutoitegeneraatori valikul kaks erinevat suunda:

1. Garanteeritud toitele viiakse toitekatkestuse korral kogu hoone elektripaigaldis.

Sellisel juhul on generaatori vajaliku võimsuse arvutamiseks vajalik teada:

- hoone liitumispunkti läbilaskevõimet vastavalt võrgu- ja elektrilepingule, [A];
- hoone peakilbis oleva kaitselahutusaparaadi tunnussuurust, [A].

Juhul kui need suurused on võrdsed, valitakse generaatori võimsus vastavalt liitumispunkti läbilaskevõimele. Olukorras, kus nimetatud suurused on erinevad (tavaliselt on liitumispunkti läbilaskevõime väiksem), tehakse otsused, millal on vaja liitumispunkti läbilaskevõimet suurendada, hoone tarbimisgraafikute põhjal.

2. Garanteeritud toitega tagatakse määratud hoone seadmed ja süsteemid.

Sellistel puhkudel lepitakse hoone Kasutajaga konkreetselt kokku, millised hoone osad ja süsteemid on vajalik tagada garanteeritud toitega ja vastavalt sellele koostatakse projekteerimise hanke lähteülesanne.

### 2.3.2. Generaatorite paigaldamise nõuded ja tingimused

Generaatori paigaldamisel hoonesse tuleb arvestada töötamise ja testimisega kaasnevate kõrvalisi häiringuid tekitavate nähtustega nagu:

- müra – seadmest 1 m kaugusel võib mõõdetav müra olla kuni 100–110 dB;
- heitgaas – temperatuur võib küündida kuni 650 °C;
- seadme valmisoleku ja töötamise ajal kiirgav soojus;
- töötamine ruumis eeldab suurt sisse- ja väljapuhkeõhukogust, mis eeldab ventilatsiooniavasad;
- vibratsioon – kandub läbi ehituskonstruktsioonide hoonesse;
- hoonesse paigaldatud generaator koos kütusemahutiga nõuab eraldiseisvat tuletõkketsooni;
- kütusemahuti, mis on suurem kui 3000 liitrit, nõuab eraldiseisvalt tuletõkketsooni.

Uute ehitatavate ja olemasolevate rekonstrueeritavate hoonete puhul kasutatavates lahendustes paigaldatakse generaator müra summutava ja ilmastikukindla konteineriga koos kütusemahutiga välitingimustesse või sootuks eraldi hoonesse. Kuigi konteiner on müra summutav, tuleb seadme töötamisel ja testimisel (eriti nädalavahetustel ja öötundidel) arvestada kaasneva müra ja vibratsiooniga ning seondult sellega ka naabruses asuva hoonestuse ja selle kasutamise otstarbega (nt kortermajad).

Seondult nõuetega [1] on vajalik arvestada asjaoluga, et garanteeritud toitele viiakse kogu hoone ja vastavalt objekti asukohale, prioriteetsusele ja riskihinnangutele paigaldatakse sinna kas statsionaarne generaator, mobiilse generaatori ühenduspunkt või mobiilse võimekusega (ratastel järtelveetav) statsionaarne generaator. Viimane tähendab seda, et generaator asetseb varjualuses n-ö ratastel ja hädaolukordades on seda võimalik teisaldada vajalikule objektile, nagu näiteks katlamaja, pumpla, hooldekodu vms.

Reserv-diisलगeneraatorsüsteem tuleb paigaldada tervikseadmena koos kõigi vajalike lisatarvikutega.

Diisलगeneraator peab vastama standarditele [8] ja [9]. Diisलगeneraatori ruumis peavad olema vajalikud avad kütusetoru, õhu sisse- ja väljapuhke, õhurestide ja elektriliselt juhitavate klappide ning heitgaaside toru paigalduseks. Lisaks tuleb täies ulatuses

isoleerida diisलगeneraatorite heitgaasitorustik vastavalt [10] viidatud juhistele (LVI 50-10345). Samuti peab olema tagatud piisav ruum generaatori teeninduseks ja lisaseadmete (kütusepaagid, elektriakeskus, mürasummutid jne) paigalduseks.

Kütusemahutid peavad vastama standardi [11] nõuetele ning olema topeltkestaga (kessoonis), vältimaks võimalikku keskkonnareostust. Välitingimustes paiknev kütusemahuti peab olema kaitstud UV-kiirguse, mehhaaniliste vigastuste ja muude välismõjude eest.

Kui mahuti on suurem kui 3000 liitrit, peab see paiknema eraldiseisvas ruumis, millele kehtivad tuletõkkeseptsiooni nõuded. Kütusemahuti peab olema täidetav otse paakautost ja varustatud ületäitumiskaitsega. Enne tellijale tööde üleandmist tuleb kütusemahuti(d) nõuetekohase kütusega täita, st näiteks välitingimustes oleva diisलगeneraatori kütusemahuti(d) tuleb täita talvise kütusega. Praegusel ajal, kui kasutatakse biolisandiga diisलगütust, tuleb mahutis olev kütus välja vahetada iga 6 kuu järel.

Lisakütuse mahuti vajadus ja suurus täpsustatakse vastavalt pidevtööks nõutavate vajalike töötundide arvule. Kütusevaru arvestatakse generaatori pidevtöö korral üldjuhul 70% võimsusel, väga suure prioriteetsuse ja riskihinnanguga hoonete puhul ka 100% võimsusel, mis üldjuhul on vastavalt juhendi [1] nõuetele tavaobjektidel 24 tundi, kõrgema riskihinnanguga objektidel 72 tundi. Praegu on töö autor hõivatud võimaluste uurimisega teatud objektidel seonduvalt hoonete kasutajapoolsete uuenenud nõudmistega suurendada pidevtöö võimekust kuni 144 tunnini.

## **2.4. Nõuded RLA-süsteemidele ja nende rekonstrueerimine**

Kasutuses olevate objektide EP uuringute käigus toimunud elektripaigaldiste ülevaatusel kaardistas töö autor RLA-de ehituse, nende juhtimise algoritmi ja signaalide sidumise hoone automaatikaga.

Vastavalt juhendile [1] peab hoone elektripaigaldises asuv reservlülitusautomaatika (RLA) olema ehitatud mootorajamiga lülitite baasil, mis tagab olukorra, et nendega on võimalik teha lülitusi ka toitepinge puudumisel.

Objektide EP peakaitsmete korral kuni 125 A, kus hoonel on ainult üks toitesisend, on aktsepteeritud nn tehasetooteliste, DIN-liistule kinnitatavate komplektsete RLA-süsteemide kasutamine. Suuremate võimsuste korral on vajalik ehitada juba eraldiseisvaid mootorajamiga lülitite baasil toimivad RLA-keskused.

Uuringute käigus selgus, et RLA juhtimiseks toitepinge katkestuse korral on kasutusel kas kontrollid või faasi- ja pingekontrolli releed. Maapiirkondades ja keskustest kaugematel objektidel on kasutatud faasi- ja pingekontrolli releed, kuna see ei vaja toitepinge kadumisel oma funktsionaalsuse säilitamiseks eraldiseisvat toiteallikat ja on seega töökindlam. Kontrolleri puhul kasutatakse selle varutoiteks tavaliselt kas eraldiseisvat akut või saab nimetatud seade toite generaatori akult. Kõrgema prioriteetsusega hoonete puhul seotakse kontrolleri toide ka hoone UPS-seadmega.

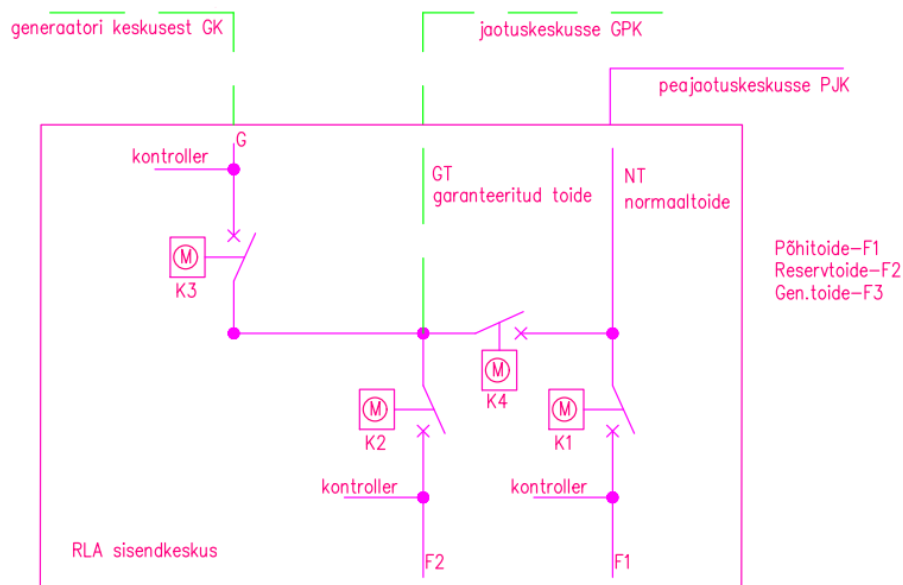
Reservlülitusautomaatika rekonstrueerimisel on nõue siduda see funktsionaalselt kas juba olemasoleva või paigaldatava generaatori testkoormuse ühenduspunktiga põhimõttel, et olukorras, kus testi teostamise ajal kaob hoone põhitoide, lülitatakse generaator automaatselt (hetkeliselt) testkoormuselt ümber hoone elektripaigaldisele.

Järgnevalt on toodud välja töötatud lahendused hoone elektripaigaldise RLA rekonstrueerimisest ja selle sidumisest generaatori ning testkoormuse ühenduspunktiga kahes erinevas EP toitelahenduses, kus hoonel on kas kaks eraldiseisvat toitesisendit või üks toitesisend.

#### A. Hoonel on kaks elektritoite sisendit.

Näites on kirjeldatud RLA ehitust skemaatiliselt ja toodud lülitustoimingute algoritmi põhimõtteline kirjeldus olukorras, kus normaalolukorras saab hoone elektritoite ühelt sisendilt ja teine sisend on reservsisend.

RLA põhimõtteline lülitusskeem kahe elektritoite sisendiga:



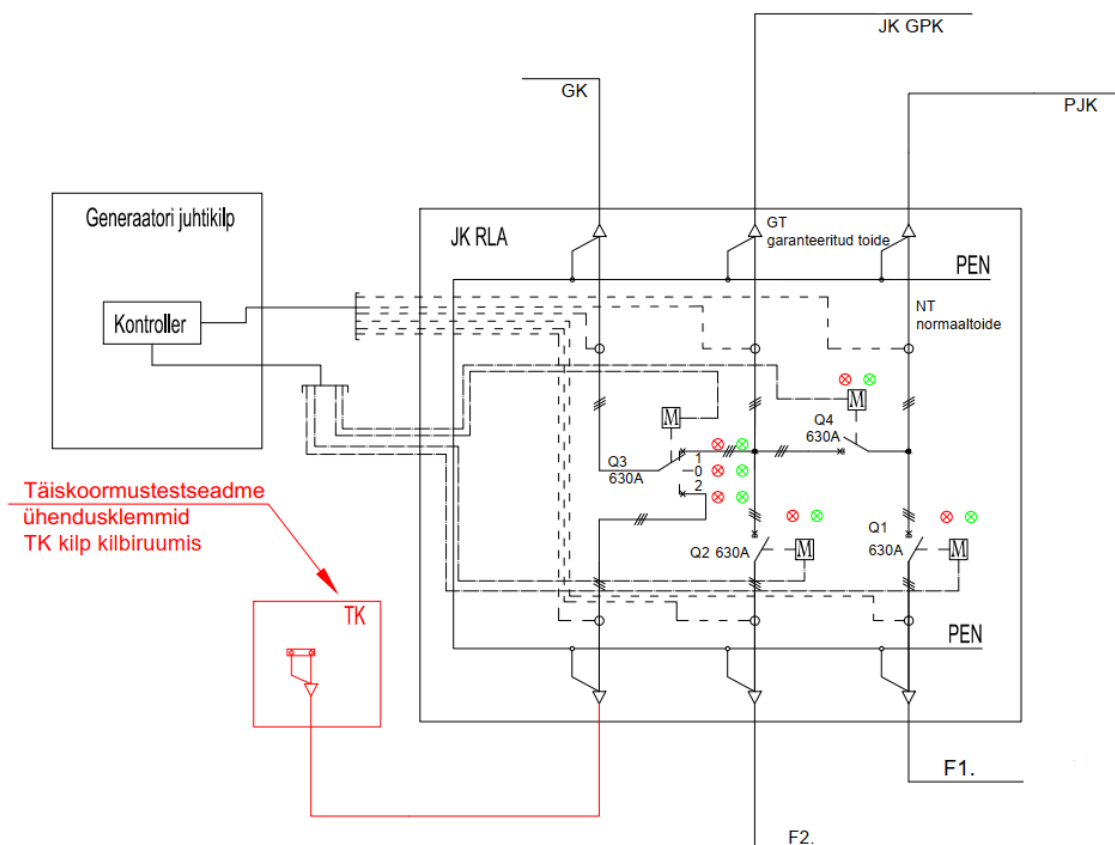
**Joonis 2.1.** Hoone elektripaigaldise kahe toitesisendiga RLA primaarskeem [16]

Selgitused: Lüliti K1 – põhitoide, lüliti K2 – reservtoide, lüliti K3 – generaatori toide ja lüliti K4 – sektsioonide F1 ja F2-vaheline lüliti. PJK – hoone peajaotuskeskus, GPK – garanteeritud toidete peakilp ja GK – generaatori (pea)kilp

Joonisel 2.1 kujutatud RLA skeemi lülituste algoritmide selgitused:

- Põhitoiteliini F1 normaalpingel on suletud K1 ja K4, avatud asendis on K2 ja K3;
- Põhitoiteliini F1 rikked ja reservtoiteliini F2 normaalpingel on suletud K2 ja K4, avatud on K1 ja K3;
- Mõlema põhitoiteliini F1 ja F2 rikked on suletud K3 ja avatud K1, K2 ja K4;
- Generaator saab käivitussignaali mõlema normaaltoiteliini (F1 ja F2) rikke korral.

Järgneval joonisel on kujutatud RLA rekonstrueerimise lahenduse elektrilist primaarskeemi olukorras, kus olemasolevale süsteemile on lisatud generaatori testkoormuse ühenduspunkt ja RLA on vastavalt sellele ümber seadistatud.



**Joonis 2.2.** Hoone elektripaigaldise kahe toitesisendiga rekonstrueeritava RLA primaarskeem [16]

Joonise selgitused: Lüliti Q1 – põhitoide, lüliti Q2 – reservtoide, lüliti Q3 – kahepositsiooniline lüliti generaatori toite ühendamiseks kas testkoormuskilbiga või hoone elektripaigaldisega ja lüliti Q4 – sektsioonide F1 ja F2-vaheline lüliti. PJK – hoone peajaotuskeskus, GPK – garanteeritud toidete peakilp, GK – generaatori (pea)kilp, TK – testkoormuse ühenduskilp

Joonisel 2.2 kujutatud rekonstrueeritava RLA skeemi lülituste algoritmide selgitused:

1. Põhitoiteliini F1 normaalpingel:

- mootorajamiga koormuslülitid (edaspidi lülitid) Q1 ja Q4 on suletud;
- lüliti Q2 on avatud;
- lüliti Q3 on asendis 0.



2. Põhitoiteliini F1 rikkel ja reservtoiteliini F2 normaalpingel:
  - lülitid Q2 ja Q4 on suletud, avatud on lüliti Q1;
  - lüliti Q3 on asendis 0.
3. Mõlema toiteliini F1 ja F2 rikkel:
  - lüliti Q3 on asendis 1;
  - lülitid Q1 ja Q2 on avatud.
4. Rikke korral käivitub generaator maksimaalselt 15 sekundi jooksul ja 3–5 sekundi pärast lülitatakse lüliti Q3 asendisse 1.
5. Toitepinge taastumisel ükskõik kummal toitefiidril:
  - süsteem kontrollib võrgupinge olemasolu 60 sekundit (viide on seadistatav);
  - lülitatakse generaator võrguga sünkroontöösse ja koormus kantakse generaatorilt võrgule tagasi etteantud aja (3–5 min) jooksul;
  - diisलगeneraator seiskub pärast järeljahutusviidet.
6. Täiskoormustesti teostamise ajal:
  - lüliti Q3 on asendis 2;
  - lülitite Q1, Q2 ja Q4 asendeid/olekuid ei muudeta.
7. Täiskoormustesti ajal fiidritelt pinge kadumisel lülitatakse:
  - Q3 asendisse 0 ning seejärel lüliti Q4 asendisse 1.

Kirjeldatud algoritm on ette nähtud RLA tööle olukorras, kus kogu hoone on normaalolukorras ühe sisendfiidri toitel, selle rikke korral läheb hoone üle teise sisendfiidri toitele ja mõlema toitefiidri avarii korral läheb hoone garanteeritud toidete kilbi GPK-toitele.

B. Hoonel on üks elektritoite sisend.

All olevas näites on RLA ehitust kirjeldatud skemaatiliselt ja toodud lülitustoimingute algoritmi põhimõtteline kirjeldus, kus normaalolukorras saab hoone elektritoite ühelt sisendilt ja selle avarii korral läheb kogu hoone üle garanteeritud toitele.

Joonisel 2.3 on kujutatud rekonstrueeritava RLA ja testkoormuse ühenduspistiku lülituskeemi ühe elektritoite sisendiga:



- lülitatakse generaator võrguga sünkroontöösse ja koormus kantakse generaatorilt võrgule tagasi etteantud aja (3–5 min) jooksul;
  - diisलगeneraator seiskub pärast järeljahutusviidet.
3. Täiskoormustesti teostamise ajal on lüliti Q2 asendis 1. Lülite Q1 ja Q3 asendeid/olekuid ei muudeta;
  4. Täiskoormustesti ajal toitefiidril pinge kadumisel lülitatakse lüliti Q2 asendisse 2.

Kirjeldatud algoritm on ette nähtud olukorras, kus kogu hoone on normaalolukorras ühe sisendfiidri toitel ja selle avarii korral ühendatakse generaator läbi RLA kogu hoone elektripaigaldisega.

## **2.5. Garanteeritud toidete keskuste ehitamise nõuded**

Varutoidet vajavate seadmete elektritoide tagatakse kahest sõltumatust, automaatse ümberlülitamise (RLA-mootorajamitega lülititega) võimalusega elektriallikast. Põhitoide võetakse elektrivõrgust ja reservtoide diisलगeneraatorilt.

GPK peab saama toite vähemalt ühelt peakeskuse sektsioonilt ja diisलगeneraatorilt. Generaatori toitele ümberlülitamine peab toimuma automaatselt.

Garanteeritud toidete kilbi ehitamise vajadus tekib olukorras, kus varutoitele ei viida põhitoite katkestuse korral kogu hoone elektripaigaldis, vaid ainult kindlaks määratud seadmed ja süsteemid, milleks nähakse ette kas:

- jaotuskilpidesse garanteeritud toite sektsioonid või
- ehitatakse eraldiseisev garanteeritud toidete keskus.

GTK-keskus peab asuma võimalikult ligidal hoone PJK-le ja selles olevate alamkilpide või nende garanteeritud toidete sektsioonide väljundfiidrite kaitselülitid peavad olema varustatud abikontaktiga, et tagada nende oleku (sees, väljas, TRIP) visualiseering hooneautomaatikasse.

GTK-kilbi uksele peavad asuma lülitid vajalike ümberlülituste teostamiseks ja signaallambid (tavaliselt punane-roheline) kaitselülitite, RLA ja seadmete olekute kuvamiseks.

GTK-keskusega või jaotuskeskuste garanteeritud toidete sektsioonidega ühendatakse vähemalt järgmised tarbijad [1]:

- UPS-seadmed;
- serveriruumi seadmed;
- turva- ja valveseadmed;
- soojussõlmed ja katlamajad;
- tõkkepuud ja väravad;
- videovalvega välisvalgustuse alad;
- videovalve seadmed;
- tarbevee-, sadevee- ja kanalisatsioonipumplad;
- elektrilised perimeetri uksed;
- tuleohutussüsteemid (hüdrantide siibrid ja rõhutõstepumbad, tuletõrjepumbad ja siibrid; ülerõhu ja suitsueemalduse süsteemide ventilaatorid ja klapid, suitsuluugid);
- evakuatsiooni hädavalgustussüsteem;
- ventilatsioon;
- liftid;
- kriitilise tähtsusega arvutitöökohad.

Võimaliku generaatori ülekoormuse tekkimise korral on ette nähtud süsteem suuremate võimsustega seadmete väljalülitamiseks prioriteedi-releedega.

GTK-kilbi kest peab olema valmistatud vähemalt 1,5 mm plekist ja kesta IK-aste peab olema vähemalt IK08 [1].

### 3. VARUTOITESÜSTEEMID UPS-ga

#### 3.1. Üldist

Puhvertoiteallikas ehk katkematu toite allikas ehk UPS (Uninterruptable Power Supply) on seade, mille eesmärgiks on kaitsta elektritarbijaid elektrivõrgus ilmnevate probleemide eest, mis võivad häirida elektriseadmete töö kvaliteeti ja/või seadmeid füüsiliselt rikkuda.

UPS-seadme paigaldamise eesmärgiks on vältida põhitoite kadumisel tekkival toitekatkestusel arvutivõrgu ja/või nõrkvoolusüsteemide väljalülitumist ning tagada nimetatud süsteemidele häiringutevaba ja standardi [12] nõuetele vastav toitepinge. Sellisteks olulisteks häiringuteks on:

- elektritoite katkesus;
- pingelohk;
- impulsspinge;
- liig- ehk ülepinge;
- alapinge;
- voolutõuge;
- võrgumüra;
- sagedushälbed;
- kõrgemate harmoonikute sisaldus toitepinges.

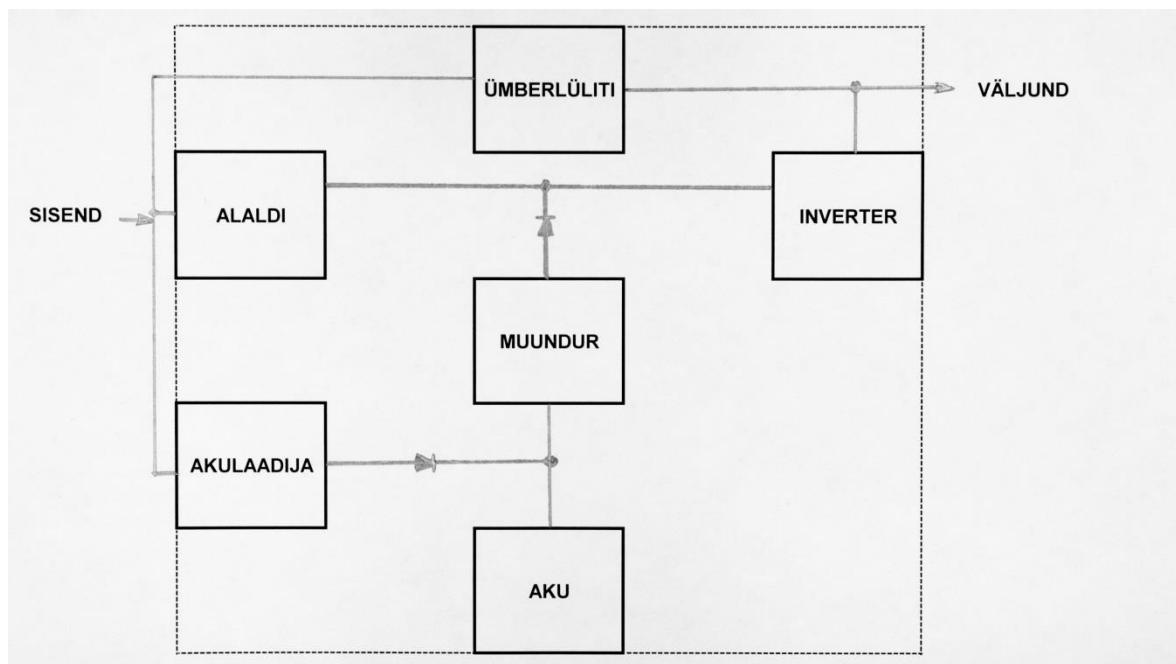
UPS ühendatakse oma elektrilise sisendi ning väljundi abil kaitstava seadme sisendi ning elektrivõrgust (või mingist muust vahelduvvoolu energiaallikast) tuleva väljundi vahele. International Electrotechnical Commission avaldas 1999. aastal standardi, mille alusel saab UPS-id jagada kvaliteediklassidesse.

Standardi [13] alusel jagunevad UPS-id kolme põhilisse klassi:

##### 1. Klass 1 – *Online* ehk *Double Conversion* ehk VFI UPS

VFI tuleb inglise keelest – *Voltage and Frequency Independent from mains supply*, mille all peetakse silmas, et UPS-i väljundpinge amplituud ja sagedus ei sõltu UPS-i sisendpinge amplituudist ja sagedusest.

Kui tavaline UPS jälgib sissetulevat pinget ja selle liiga suure kõikumise korral toite kiiresti akule ümber lülitab või üritab seda künmekonna voldi võrra korrigeerida, siis online-UPS teeb alati sissetulevast toitest alalispinge ja sellest jälle 230 V vahelduvpinge, eemaldades vahepeal vooluvõrgust filtrite abil kõikvõimalikke häireid. Antud puhvertoiteallika väljundpinge amplituud ning sagedus ei sõltu UPS-i sisendpinge amplituudist ning sagedusest.



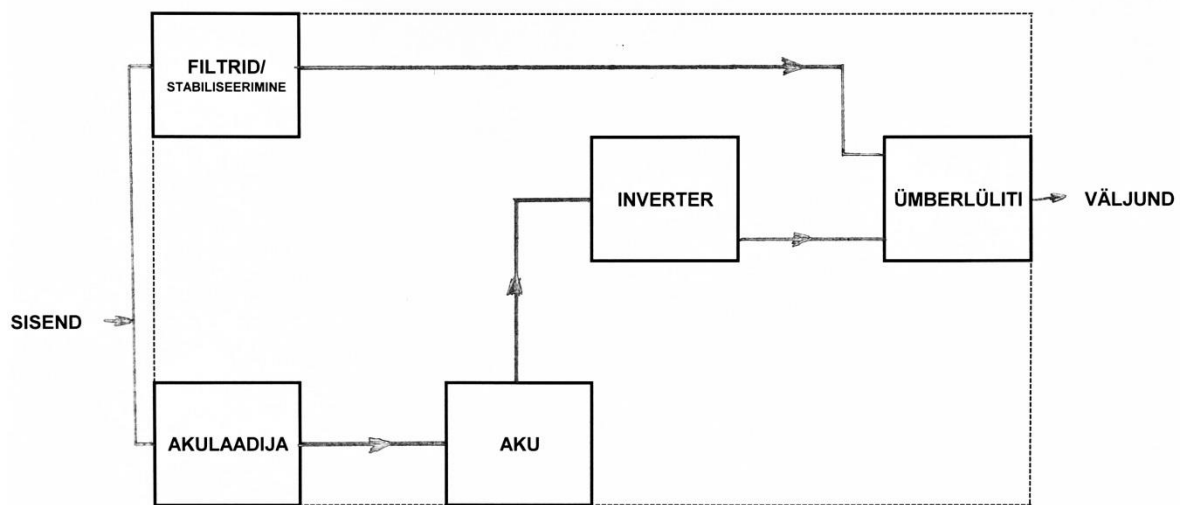
**Joonis 3.1.** *Online* UPS-i plokkskeem

Tööpõhimõte: vahelduvvool kulgeb UPS-i sisendisse, kus sel on võimalik liikuda edasi kolme üksusesse ehk seadmesse. Kui UPS on töökorras, juhitakse elektrivool edasi kahte üksusesse: akulaadijasse ning alaldisse. Kui aga süsteem avastab mõne kriitilise vea (ülekuumenemine või mõne üksuse riknemine), juhitakse vool automaatselt kogu UPS-i sees olevatest seadmetest nn ringiga mööda ja otse UPS-i väljundisse. Sellises olukorras on kaitstav seade otseses elektrilises ühenduses toitesüsteemiga enne UPS-i ehk teisisõnu UPS-i kaitsefunktsioonid ei tööta enam.

## 2. Klass 2 – VI *Line-Interactive* UPS

Termin „VI" tuleb inglise keelest mõistest *Voltage Independent from mains supply*, mille all peetakse silmas, et UPS-i väljundpinge amplituud ei sõltu UPS-i sisendpinge

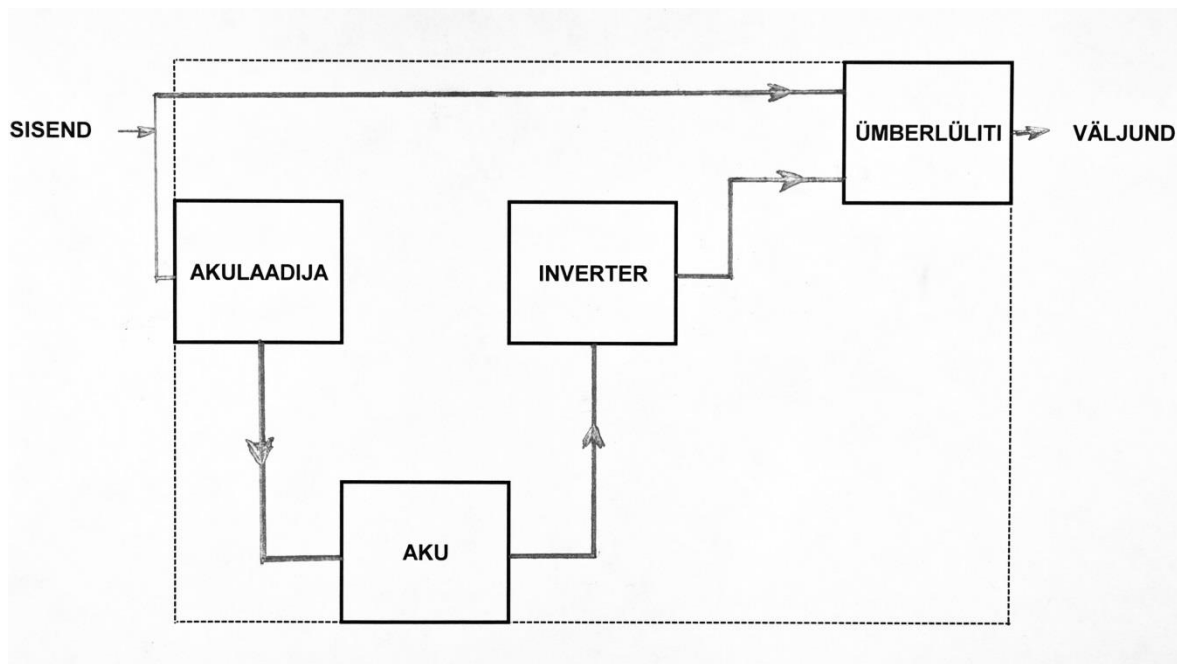
amplituudist. Võrreldes 1. klassi ning 3. klassi UPS-idega pakub VI Line-Interactive tehnoloogia parimat kvaliteedi ning hinna suhet. Puuduseks Online UPS-i ees on asjaolu, et kui UPS-i sisendis langeb pinge alla kriitilise piiri, toimub füüsiline lülitus, mille käigus UPS-i väljund ühendatakse elektriliselt lahti UPS-i sisendist ning ühendatakse elektrilisse kontakti UPS-i sees olevast (plii)akust tuleva toitevooluga. See võtab aega 4–6 ms, mis võib tundlikumal tarbijal kutsuda esile häireid või isegi seadmeid rikkuda.



**Joonis 3.2.** *Offline* UPS-i VI plokkskeem

### 3. Klass 3 – VFD *Offline* ehk *Passive Standby* UPS

Termin VFD tuleb inglise keelest *Voltage and Frequency Dependent from mains supply*, mille all peetakse silmas, et UPS-i väljundpinge amplituud ning sagedus on tugevas sõltuvuses UPS-i sisendpinge amplituudist ning sagedusest. Võrreldes 1. ning 2. klassi UPS-idega, on *Offline* UPS kõige odavam, kuid pakub ka kõige vähem kaitset. Antud klass 3 UPS-i kooslusest on välja jäetud täiendavad seadmed, mis peaksid toitevaliteeti parandama – sisendisse antud signaali (toite) kuju on ka väljundis sama kujuga. See võib aga tundlikumate tarbijate puhul kriitiliseks osutada.



**Joonis 3.3.** *Offline UPS-i Line-Interactive* plokkskeem

Analoogselt eelmise VI Line-Integrated UPS-ga, toimub siin füüsiline ümberlülitamine, kus kriitilise piirini langenud (või tõusnud) sisendpinge amplituudi korral ühendatakse UPS-i väljund elektriliselt lahti UPS-i sisendist ning viiakse elektrilisse kontakti hoopis (plii)akust tuleva toitevooluga. Erinevate tootjate info kohaselt toimub lülitamine aga veel aeglasemalt kui klassi 2 UPS-idel, mis tähendab, et ümberlülituse aeg jääb vahemikku 4–10 ms. Osalt võib see tulla majanduslikust nipist kvaliteediklasse veel rohkem eristada, teisest küljest võib-olla dikteerib neid klasse komponentide hind.

### 3.2. Nõuded UPS-le ja seadme valiku alused

RKAS on välja töötanud konkreetsed nõuded objektidele tarnitavatele ja paigaldatavatele UPS-seadmetele ja vastavalt juhendile [1] kehtivad UPS-idele järgnevad nõuded:

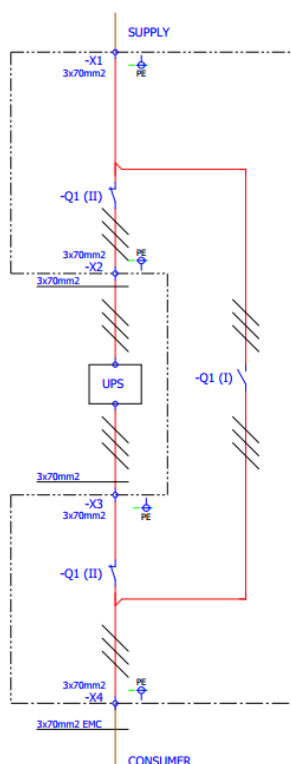
#### Nõuded UPS-ile:

- 1) Töötab voolu alaldaval ja vaheldaval pidevrežiimil (põhineb *on-line*/VFI-tehnoloogial);
- 2) 3-faasilisel UPS-il peab olema integreeritud elektrooniline (ingl *static bypass*) ja mehaaniline (ingl *manual bypass*) möödaviik;



- 3) UPS-id alates 10 kVA peavad vastama toite poolel järgmistele nõuetele:
- UPS peab olema kahe eraldiseisva toitega;
  - UPS-i sisendis peab olema harmooniliste sageduste filter, IGBT-transistoritega alaldi või dioodalaldi korral drosselitega vaheaste (ingl *booster*);
  - vooluharmoonilisi (THDI) 100% koormusel on vähem kui 3%;
  - võimsustegur ( $\cos \varphi$ ) väljundis 0,9;
  - UPS AC/AC kasutegur topeltkonverteerimise režiimis (*online*) poolel koormusel peab olema vähemalt 94%;
  - UPS-i peab olema võimalik lülitada voolusäästu režiimi (Eco Mode).
- 4) Alates UPS-idest võimsusega 20 kVA lisandub kõigele eelnevale veel modulaarse  $N + 1$  süsteemi nõue;
- 5) SNMP-adaptiiri vajadus monitooringu teostamiseks (eeldab arvutivõrgu ühendust) ja küberturvalisuse nõuded tuleb täpsustada tellijaga enne projekteerimist;
- 6) Hooneautomaatika süsteemiga ühendamiseks peab UPS olema varustatud lisaks Modbus-adaptiiriga. UPS-ist peab edastama hooneautomaatika süsteemi vähemalt järgmist informatsiooni: UPS-i rike/*bypass*, UPS töötab akudelt, akud tühjenenud;
- 7) SNMP ja Modbus-adaptiirid peavad olema ligipääsetavad ja hõlpsasti vahetatavad ning asuma kaardipesas UPS-i esiküljel;
- 8) UPS-seadme tugiaeg peab olema minimaalselt 10 minutit täiskoormusel (võimsustegur = 0,9);
- 9) Akud peavad olema suletud, hooldusvabad VRLA-akud elueaga 6–9 aastat temperatuuril 200 °C vastavalt EUROBAT juhendile;
- 10) Modulaarsete UPS-ide akud peavad olema dubleeritud;
- 11) Kõiki modulaarsete UPS-seadmete jõumoduleid (kuni 20 kVA k.a) peab saama vahetada ilma seadet vooluvõrgust välja võtmata või hooldusmöödaviigule lülitamata (ingl *hotwsap* tehnoloogia);
- 12) Suuremate kui 20 KVA jõumoodulite vahetuse korral võib seadme ohutuse kaalutlustel lülitada mehaanilisele hooldusmöödaviigule;
- 13) UPS tuleb paigutada mõnda tehnilisse ruumi (peakeskuse ruum või nõkvooluseadmete ruumi) või eraldi UPS-i ruumi;
- 14) Ruum, kuhu UPS paigaldatakse, vajab jahutust (ruumi max  $t^{\circ}$  21–25 °C, täpsustatakse tellijaga projekteerimise staadiumis). [1]

Järgneval joonisel 3.4 on kujutatud UPS-i mehhaanilise *bypass* ehitust:



**Joonis 3.4.** UPS-i mehhaaniline *bypass*, ahellülitiga Q1 (I)

Järgnevalt on kirjeldatud ja selgitatud eeltoodud nõuete punktis 4 olnud UPS-i  $N + 1$  modulaarsuse nõuet:

$N$  tähistab UPS-moodulite arvu,  $+1$  aga täiendavat või varulist UPS-moodulit. Seetõttu on  $N+1$  UPS-i konfiguratsioonis seadmega ühendatud vähemalt kaks UPS-i moodulit. Kui meil on vaja garanteeritud võimsust 100 kW, siis saab seda teha mitmel viisil:

- $N=10$ , ehk  $10 \times 10 \text{ kW} + 10 \text{ kW}$  (10 kW on siis 1, ehk varundus);
- $N=7$ , ehk  $7 \times 15 \text{ kW} + 15 \text{ kW}$ ;
- $N=5$ , ehk  $5 \times 20 \text{ kW} + 20 \text{ kW}$ ;
- $N=4$ , ehk  $4 \times 25 \text{ kW} + 25 \text{ kW}$ ;
- $N=3$ , ehk  $3 \times 40 \text{ kW} + 40 \text{ kW}$ ;
- $N=2$ , ehk  $2 \times 50 \text{ kW} + 50 \text{ kW}$ ;
- $N=1$ , ehk  $1 \times 100 \text{ kW} + 100 \text{ kW}$ .

Reaalselt kõige otstarbekam on kasutada  $4 + 1$  mooduliga varianti, kõige ebaratsionaalsem oleks kasutada viimast varianti, mida on aga varem ehitatud hoonetes tihti tehtud.

See, millist konkreetset lahendust kasutada, oleneb kõik võimsusest. Kui on vaja garanteeritud võimsust (*redundancy*) näiteks 80 kW, oleks mõistlik teha 4 x 20 kW + 20 kW ehk väikeste moodulitega. Kui aga 200 kW, siis juba 4 x 50 kW + 50 kW või veel parem 5 x 40 kW + 40 kW. Mida rohkem on mooduleid, seda suurem on tõenäosus, et mõni neist võib rikki minna. Samas väikesed moodulid on odavamad ja neil on efektiivsem jahutus. Teisalt tuleb vaadata ka kaovõimsust ehk seda, kui palju energiat soojusena eraldub. Selge on see, et 4 x 25 kW + 25 kW puhul on energiakadu väiksem kui 2 x 50 kW + 50 kW.

UPS-seadme valikul lähtume alati järgnevatest eeltingimustest:

- võimsus, kui suure võimsusega tarbijat saame UPS-i abil kaitsta;
- töörežiim, kas *online*- või *offline*-UPS;
- kvaliteediklass, kui kvaliteetset kaitset me tahame;
- vajalik või nõutav tugiaeg;
- töötingimused, UPS-i ümbritsev keskkond jms.

UPS-seade valitakse vastavalt eeltoodud nõuetele ja vajadustele koos sellest tuleneva vajaliku võimsuse- ja tugiajaga.

Vajaliku tugiaja arvutamiseks liidame kõigepealt kokku kaitsvate seadmete summaarse keskmise võimsuse ning määrame võimalusel ka vajaliku perspektiivse varu, mis arvestab süsteemi seadmete lisandumisel tulenevat võimsuse kasvu. Samuti on vaja teada UPS-seadme kasutegurit. Suurema tugiaja korral on lisa-akude valikul oluline teada nende vajalikku mahtuvust ja tööpinget. Nende andmete alusel on võimalik arvutada vajalik tugiaeg, mis toetaks süsteemi etteantud ajaga.

Tugiaeg on arvutatav valemiga:

$$T = \frac{C \cdot U \cdot \eta}{P}, \quad (3.1)$$

kus T on UPS-i tugiaeg, min;

C – aku mahtuvus, Ah;

U – aku pinge, V;

P – näivvõimsus, kVA;

$\eta$  – inverteri kasutegur.

Teatud olulise tähtsusega või muu sarnasega seotud hoonetes või seadmete puhul, nagu suurhaiglad, võimsad serverid jms, võib nõutav või vajalik UPS-de tugiaeg ulatuda ka tundidesse.

UPS tuleb ühendada hooneautomaatika süsteemiga. Ühendatavad parameetrid on välja toodud „Osa 11, Hooneautomaatika” tabelis 11.1. „Parameetrite ja häirete prioriteetide tabel”.

Tuleohutussüsteemidele (vajadusel ka videovalve, valve-läbipääsusüsteem, UPS, serveriruumi jahutus jne) peab olema tagatud reserveeritud toide. Toite ümberlülitamine tuleb lahendada RLA-ga.

UPS-toitegruppide kaitseautomaatide ette tuleb paigaldada neljapooluseline ümberlülit, mis võimaldab vajadusel koormuse ühendust normaaliveõrgu või UPS-toitevõrguga. UPS-toide peab olema võimalik kõigil töökohtadel (täpsustab Tellija).

UPS-na tuleb kasutada kas tsentraalset seadet või hajutatult paigutatud üksikseadmeid (tarbijagruppide või -piirkondade järgi), võimalikud on ka nende kombinatsioonid. UPS-i enda ja tema võrgus olevate seadmete toiteks tuleb kasutada valmistaja poolt ettenähtud kaitselüliteid. Keskusse tuleb paigaldada lüliti UPSi-toitel olevate seadmete toite ümberlülitamiseks kas läbi UPSi või otse elektrivõrgust.

### **3.3. UPS-toitega tagatud hoone seadmed ja süsteemid**

UPS-seadme garanteeritud toitele peab vastavalt nõuetele [1] ühendama vähemalt järgmised hoone süsteemid:

- server;
- serveriruumi teenindavate jahutusseadmete kontrollid;
- arvutivõrgu aktiivseadmed;
- videovalve seadmed;
- ATS-keskused;
- evakuatsiooni hädavalgustussüsteem;
- avariivalgustus.

Arvutitöökohta võimsuseks tuleb arvutustes võtta 250 VA.

Vastavalt kehtivatele nõuetele [1] tuleb UPS-ga seotud garanteeritud toitesüsteemist edastada hooneautomaatika süsteemi järgmised UPS-i häired ja olekud:

- andmed võrgukaardilt;
- üldhäire;
- hooldus-*bypassi* olek;
- akude täituvus.

UPS-de hankimine ja paigaldamine objektidele ning nende töökorda viimine koos seadistamisega korraldatakse riigihangetena, mille tehniliste kirjelduste koostamisel moodustavadki põhiosa eeltoodud nõuded seadmele koos etteantud võimsuse ja tugiajaga.

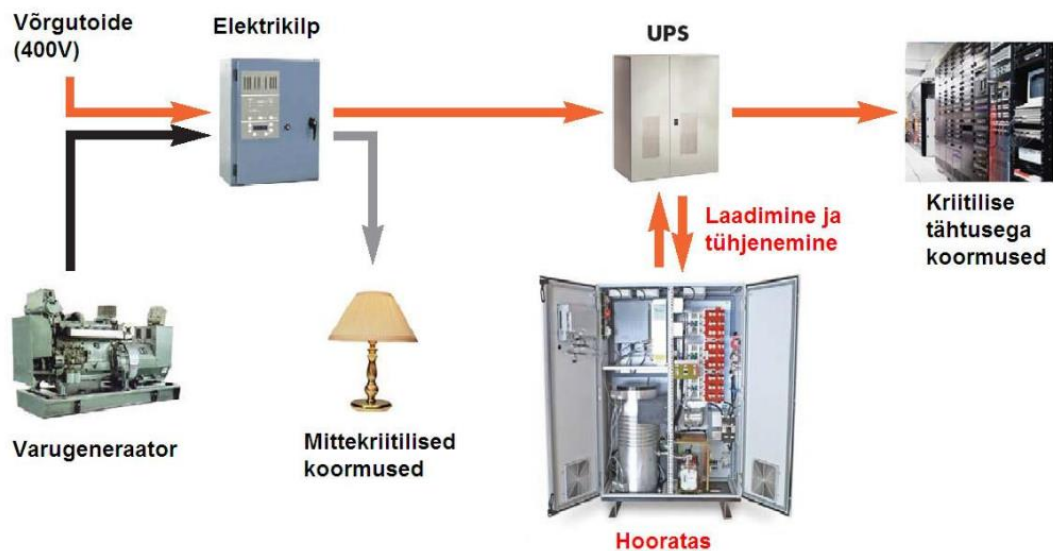
### **3.4. Hoone varutoitesüsteemi komplekslahendus**

Varutoitesüsteemi komplekslahenduse all on mõeldud süsteemi, mis tagab hoone varutoite n-ö igas olukorras, nagu suurõnnetused, kriisid jms, ja mis ei sõltu ilmastikust ega kliimatilistest tingimustest, nagu tuul, päike, sademed jms.

Üheks selliseks komplekslahenduseks on näiteks hoorattasalvesti kasutamine ehk võimalus salvestada energiat kineetilise energiana. See on oma tööpõhimõttelt lihtne ja loogiline meetod energia salvestamiseks – suure massiga pöörlevad kehad säilitavad oma liikumisoleku ja suure inertsiga tõttu saab neid koormata energia väljavõtmiseks näiteks elektrimootoriga.

Kaasaegsel hoorattasalvestil on hõõrdekaod viidud miinimumini. Suure inertsiga hooratas pannakse elektrimootori abil magnetlaagritel vaakumis pöörlema ning energia kättesaamiseks ühendatakse elektrimootor generaatorirežiimi.

Hoorattasalvesti kasutamine elektripaigaldises:

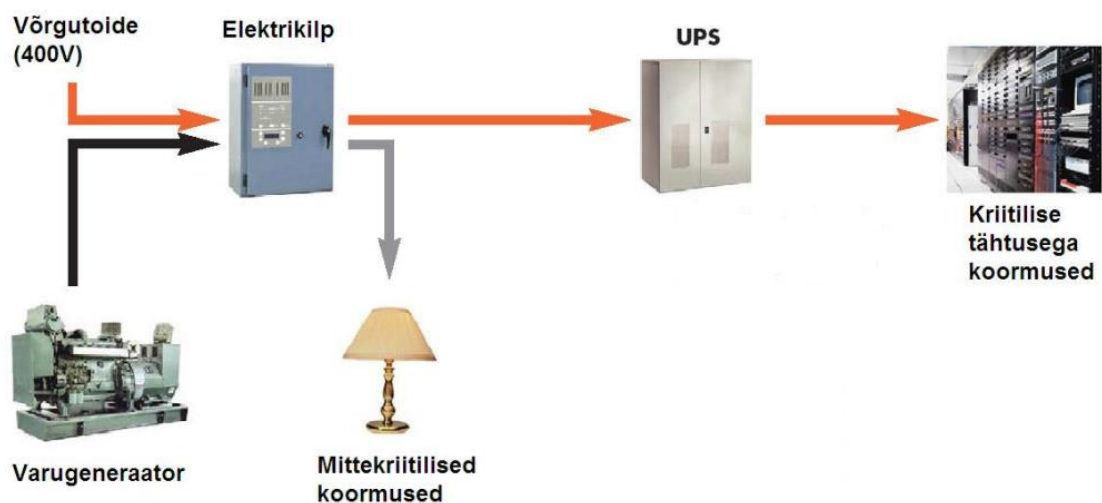


**Joonis 3.5.** Hooratta kasutamine UPS-süsteemis [allikas: Internet]

Hooratas on võimeline süsteemi tagastama suurt võimsust ning siiani ongi neid kasutatud pigem võimsuse kui energiaallikatena. Joonisel 3.5 on näidatud hoorattaseadme kasutust UPS-funktsioonina, kuni varugeneraator tööle hakkab. Hooratas kaotab tunnis 1% temas salvestunud energiast, seetõttu ongi neid mõttekas kasutada kiireteks energiasüstideks.

Käesolevas magistritöös käsitletakse komplekslahendusena olukorda, kus hoone elektripaigaldises on nii generaator kui ka tsentraalne(-sed) UPS(-id).

Generaator ja UPS hoone varutoitesüsteemina:



**Joonis 3.6.** Generaator ja UPS hoone varutoitesüsteemina

Generaatoreid ja UPS-seadmeid sisaldavate elektripaigaldiste puhul tuleb arvestada nende koostöö eripärasid, mis üldjuhul on tingitud UPS-delt tagasipeegeldavate paaritute harmoonilistega (eriti just 5. ja 7. harmooniline), mis segavad oluliselt generaatori pingeregulaatori tööd ja mille tagajärjel muutub generaatori väljundpinge n-ö karvaseks. Selline olukord ei häiri küll mitte generaatori tööd, vaid ajab segadusse UPS-seadme aju, mille tõttu viimane ei ole võimeline sünkroniseerima oma väljundit sisendiga üle *bypass*-ahela. Kuna harmoonilised tekitavad enne ja pärast siinuse tippe sakid, mille tõttu UPS-seadme aju ei saa enam aru, milline on täpselt siinuse tipp, siis seade ei lähe üle laadimisrežiimile.

Selle probleemi vältimise üheks peamiseks võimaluseks ja generaatorist saadava väljundpinge graafiku parandamiseks on vanemate generaatorite puhul klassikalise paralleel- ehk šunt-ergutuse asendamine PMG- ehk püsिमagnetergutusega. Sellisel puhul toodetakse ergutusvool generaatori võlli otsa ühendatud pisikesest püsिमagnetitega generaatorist ja see on ka eelduseks, et generaator on võimeline ennast võrguga sünkroniseerima. PMG-ergutust saab enamasti lisada generaatorile ka hiljem.

Teine analoogne eelkirjeldatud probleemi lahendus on AREP-ergutusega, mis lahendatakse generaatori staatorisse keritud lisamähistega, generaatori kasutamine. Mõlemad on võrdselt head, PMG pisut kallim ja sel on rohkem detaile, AREP odavam, aga generaator peab olema kohe selliselt valmistatud. Sõltumatu ergutussüsteem ei ole kõrgematest harmoonilistest nii palju mõjutatud ja kasutab generaatori väljundpinget ainult hinnangulise näidu saamiseks erinevalt šunt-ergutuse ergutusest. [6, 7].

Kõrgemad harmoonilised sumbuvad hästi ka generaatori mähistesse juhul, kui valida suurema võimsusega generaator. Sellisel juhul on vastavalt kasutuskogemustele välja kujunenud nn rusikareegel, et generaatori võimsus peab olema 1,4 korda suurem UPS-seadme võimsusest.

Sõltumatu ergutus on hea ergutusvoolu kiireks hetkeliseks tõstmiseks ja see annab võimaluse generaatori hetkeliselt 2–3-kordseks ülekoormamiseks, näiteks suurte elektrimootoritega töötavate pumpade, ventilaatorite vms käivitamisel, mille puhul on suur käivitusvool, mis on arvutatav seosest:

$$I_{\text{käivitus}} = (6 \dots 10) \cdot I_n, \quad (3.2)$$

kus  $I_{\text{käivitus}}$  on seadme mootori käivitusvool, A;

$I_n$  – seadme mootori nimivool, A;

(6 ... 10) – käivitusvoolu kordaja.

Eriti oluline on sellega arvestada suurte objektide puhul, mis sisaldavad ka suurte võimsustega seadmeid ja/või süsteeme, nagu näiteks kompressorid, külmutusseadmed, spinklersüsteemid, tuletõrjepumplad jms.



## 4. GENERAATORI TESTKOORMUSKATSETUSED

### 4.1. Üldist

Nõuded generaatorite koormustestide läbiviimiseks perioodilisusega 1 (üks) kord kuus ja kestusega minimaalselt 60 minutit tulenevad tootjapoolsetest nõudmistest.

Nõude peamised põhjused on järgnevad:

- seisev jahutusvedelik tekitab mootori madalamatesse punktidesse sadet;
- seisva mootori puhul ei liigu õli ja õlituskanalites hakkavad tekkima keemiliste reaktsioonide tagajärjel vaigud;
- kuna õli vajub mootoris karterisse, põhjustab selline olukord mootori korrodeerumist;
- seisvat kütusepumpa kahjustavad kütuses tekkivad parafiini-ühendid.

Paljudel juhtudel tehakse siiani elektripaigaldistes olevatele generaatoritele nn tühikäivitamist ehk generaator käivitatakse ja sel lastakse töötada koormuseta. Tootjapoolsete juhendite alusel võib sellist töötamist lubada teha ainult lühiajaliselt, kestusega maksimaalselt 5 minutit ja peamiseks põhjusteks on generaatorite maaletoojate ja hooldajate sõnul järgnev:

- diiselgeneraatori mootor on ette nähtud tööks püsivatel pööretel 1500 p/min;
- koormuseta töö tekib koheselt õlikulu;
- õlirõngad kolvil ei suru piisavalt silindri pinnale, mistõttu pääseb õli silindrisse – põlemisproduktid tahmavad ära nii klapid kui ka turbosüsteemi ja heitgaasi torustiku;
- heitgaas pääseb karterisse ja hakkab muutma õli aluselisest olekust happelisemaks.

Kõige efektiivsem on varutoitegeneraatori testimine 70% koormusega nimikoormusest, kuid reaaalses olukorras, kus objektile on avariitoitega ühendatud ainult hoone ATS-, UPS-, avariivalgustuse- ja nõrkvoolusüsteemid, ei taga nende süsteemide koguvõimsus testimisel generaatorile vajalikku koormust.

Koormustestide nõue on kajastatud ka standardis [14], samuti on nimetatud nõudeid kirjeldatud RKAS juhendis [1].

Juhul, kui testimisel ei ole kasutada reaalselt vajalikku koormust või seda on alla 40% seadme nimivõimsusest (näiteks ainult ATS-, evakuatsioonivalgustuse-, UPS- ja/või nõrkvoolusüsteeme süsteeme käitavad generaatorid), siis on vajalik edukaks koormustesti sooritamiseks vaja leida lisakoormust.

Testimistel kasutatavateks lisakoormuseks kasutatakse üldjuhul:

- teisaldatavat ja reguleeritava võimsusega koormuspinki, mis koosneb soojapuhurite tennidest ja ventilaatorist;
- generaatori jahutuse väljuvasse õhukanalisse paigutatakse soojapuhurite tennid, (ventilaator on generaatori jahutuse näol olemas).

Magistritööga seonduvate uuritavate objektide elektripaigaldistes on kasutuses testide teostamine mobiilse koormuspingiga, mille võimsust saab reguleerida vastavalt testitava seadme nimikoormusele ja mille koguvõimsus on 200 kW [5].

Ajutiseks paralleeltöös mõeldud diisलगeneraatori koormusega testimine ei tekita hoone elektrivarustuses katkestusi, kuna testkoormus võetakse generaatori poolt üle ja antakse tagasi sujuvalt, mis välistab ka tõuked elektrivõrku.

## **4.2. Nõuded testkoormuse ühenduspunktile**

Koormustesti teostamiseks on vajalik koormuspink ühendada generaatoriga, mille üheks eelduseks on ilmastikutingimustest sõltumatu ja vaba ligipääs ühenduspunktile. Nimetatud ühenduse kiiremaks ja mugavamaks teostamiseks on olemasolevatel objektidel ehitatud või ehitatakse uutel objektidel ühenduspunktid tavaliselt võimalikult generaatori ligidusse:

- hoone välisseinale olukorras, kus generaator asub hoones;
- eraldiseisva pinnasesse paigaldatud jalandiga kilbina generaatori juurde olukorras, kus generaator asub välitingimustes.

Kuna testimisel kasutatavad võimsused ja seega ka voolud on suured, siis jagunevad ehitatavad ühenduspunktid oma ühenduste poolest üldjuhul kahte suurde rühma:

- ühenduspistik – testimisel vooluga kuni 125 A (kaasa arvatud);
- vooluladid – testimisel vooluga üle 125 A.

Ühenduspunktide valiku selliseks põhjuseks on asjaolu, et ühenduspistikud 125 A (kaasa arvatud) on jae- ja hulgikaubandusvõrgus saadaval, suurema A korral on tegemist eritellimusega toodetega, mille puhul tarneajad võivad olla ebamõistlikult pikad ja seda eriti üksikute toodete tellimuste puhul.

Testkoormuse ühenduskilp, üldjuhul nimetusega TK-kilp, sisaldab peale voolulattide või ühenduspistiku veel kaitseautomaati, kilbisoojendust ja mõningatel juhtudel ka indikatsioonisüsteeme.

### **4.3. Ühenduspunktide ehitamine ja paigaldamine**

Ühenduspunkti konkreetne asukoht olemasoleval objektil tuleb töö korraldajal kooskõlastada enne hanke läbiviimist hoone kasutajaga tingimusel, et paigalduskoht on generaatorile võimalikult lähedal. Arvestada tuleb ka ligipääsuvõimalus erinevates ilmastikutingimustes, mis tähendab paigalduseks kergasti juurdepääsetavat asukohta, et tagada koormuspingi ühendamise võimalus.

Olenevalt generaatori asukohast kas hoones või välitingimustes ning muudest lisanduvatest võimalustest/nõuetest jagunevad ehitatavad ühenduspunktid oma paigaldusviisilt:

- hoone seinale paigaldatud metallkestaga kilbiks;
- jalandiga pinnasesse paigaldatud kilbiks.

Üldjuhul tuleb välistada ühenduspunkti kinnitamine välitingimustes asuva generaatori ilmastikukindla konteineri külge, kuna sellisel juhul rikutakse ära konteineri välitingimustele vastav IP-kaitseaste ja seondult sellega katkeb uuele seadmele ka paigaldajapoolne garantii. Erandjuhtudel on see lubatud olukorras, kus TK-kilbi tarnib ja paigaldab generaatori maaletooja, kes on ka seadme paigaldaja.

Ühenduspunktid ehitatakse kas eraldiseisvate riigihangetega või riigihanke tööde mahus vastavalt HD-s esitatud tehnilisele kirjeldusele ja asukohaga seotud joonistele/skeemidele.

## 4.4. Testkoormuskatsetuste korraldamine ja läbiviimine

Varutoitegeneraatori koormustesti läbiviimiseks on vaja koormuspink ehk vajaliku võimsusega soojapuhurid ühendada otse generaatoriga, milleks reaalses olukorras on kasutatud kõiksuguseid mõeldavaid lahendusi. Näiteks ühendati testpingi kaablid kas generaatori peakaitsme klemmide alla või teostati ühendused kas peakilbis või garanteeritud toite kilbis. Kuna võimsused olid suured ja sellega seonduvalt suured ka ühenduskaablite ristlõiked, siis kõik nimetatud tegevused tähendasid toimiva süsteemi häiringuid, mille tulemused või tagajärjed ei olnud nõuetekohased ega ka ohutud.

### Koormustesti teostamine

Vastavalt generaatorite tootjatehaste nõudmistele tuleb koormustestid läbi viia nimikoormusel igakuise perioodisusega. Testi kestuseks on tavaliselt üks tund [2, 3, 4].

Testi käigus teostatakse generaatori tööparameetrite monitooring, mille käigus märgitakse vastavalt Tellijaga eelnevalt kokkulepitud mahule ja parameetrite nimekirjale üles diiselmootori ja generaatori järgnevalt toodud näitajad:

Diiselmootori töötamisega seonduvad parameetrid, nagu:

- pöörete arv;
- jahutusvedeliku temperatuur;
- õlirõhk;
- õli temperatuur;
- aku laadimisega seonduvad parameetrid (pinge, vool);
- kütuse kogus (algne, kulunud/lisatud, jääk);
- töötunnid enne ja pärast testi teostamist.

Generaatori töötamisega seonduvad parameetrid, nagu:

- toitepinge sagedus;
- toitepinge väärtused (V) kõikide faaside vahel;
- toitepinge väärtused (V) kõikide faaside ja neutraali-/maa vahel;
- 3-faasilised võimsused (kW) kõikide faaside vahel;
- 1-faasilised võimsused (kW) kõikide faaside ja neutraali-/maa vahel;
- 3-faasilised voolud (A) kõikide faaside vahel;

- 1-faasilised voolud (A) kõikide faaside ja neutraali-/maa vahel;

Kord aastas tehakse koos koormustestiga varutoitegeneraatorile ka korraline hooldus, mille käigus vahetatakse üldiselt:

- mootori õli;
- õhufilter;
- õli- ning kütusefiltrid;
- jahutusvedelik vastavalt tehasepoolsele välbale (nt 2 või 5 aasta järel).

Aku(d) vahetatakse tavaliselt iga 5 aasta järel. Klappide reguleerimine ja muud mootoriga seotud hooldused on juba mootoripõhised ja sõltuvad tootja ettekirjutustest. [2]

Koormustestid korraldab tavaliselt elektripaigaldise kasutamise järelevalvaja koos generaatori paigaldaja/hooldajaga, sest hea tava kohaselt ja vastavalt seadusandlikele võimalustele sõlmitakse hooldusleping generaatori maaletooja/paigaldajaga.

Koormustestid jagunevad [6, 7]:

#### **A. Osakoormusega test**

Teostatakse üldjuhul kahte erinevat moodi, kas:

- ilma koormuseta, st teostatakse n-õ tühikäivitused kestusega maksimaalselt 5 minutit või;
- teostatakse testkäivitus osakoormusel, so tavaliselt hoone koormusel kestusega mitte alla 5 minutit ja mille käigus testitakse lisaks RLA rakendumist ja sellega seonduvate vooluahelate ümberlülituste reaalsel toimimist.

#### **B. Täiskoormustest**

Tavaelektripaigaldistes viiakse läbi üldjuhul:

- sagedusega üks kord aastas, mille käigus testitakse lisaks RLA rakendumist ja seonduvate vooluahelate ning ümberlülituste toimimist;
- sagedusega üks kord kuus väga kõrge elektrivarustuse kindluse nõuetega hoonete elektripaigaldistes, nagu pangad, (suur)haiglad, militaar-, sisejulgeoleku-, suurõnnetuse ohuga objektid jpm.

Täiskoormustest viiakse alati läbi ka pärast kõiki geenraatori hooldus- ja remonttöid.

Reaalselt läbiviidavad koormustestid erinevad tavaliselt mingil määral eelkirjeldatud sagedustest ja tegevustest, mille põhjuseks on enamasti objektide elektrivarustuse kindluse ehk prioriteetsuse aste, kasutamise eripärad, geograafiline asukoht ning nendest tulenevad tegevused.

## **5. ELEKTRIPAIGALDISTE PARENDAMISE LAHENDUSED**

### **5.1. Üldist**

Parendamise eesmärk on tõsta hoone süsteemide ja seadmete normaalse töö jälgimise võimalusi ja sellega seondult tagada ka nende töökindlus ning operatiivne avariiliste olukordade tuvastamine. Koos sellega muutub hoone tänu oma parenduslikele süsteemidele kasutajasõbralikumaks ja mugavamaks, mis omakorda tagab kriitilistes olukordades hoone kasutajatele kiire ja operatiivse tegutsemise võimalused.

### **5.2. Parendamise erilahendused**

Järgnevates punktides kirjeldab töö autor täpsemalt objektide elektripaigaldiste tarbeks väljatöötatud parenduslikke ja kasutajata ohutust tagavate süsteemide eesmärgi ja tööpõhimõtteid nii hankimisel kui ka ehitamisel. Parendamise üldine põhimõte on selline, et uute hoonete puhul sisalduvad need juba hanke tehnilises kirjelduses ja sealt tulenevalt ka põhiprojektis, olemasolevate ehk n-ö töötavate hoonete puhul ehitatakse need välja hoone elektripaigaldise täiemahulise rekonstrueerimise käigus või eraldiseisvate töödena süsteemide kaupa.

Järgnevalt on kirjeldatud objektidel kasutatavaid ja väljatöötatud parenduste lahendusi, mis jagunevad vastavalt oma olemusele:

#### **A. Reageerimistee valgustus**

Reageerimistee valgustuse ülesanne on pimedal ajal tagada operatiivmeeskonna kiire ja ohutu jõudmine mööda nn reageerimisteed operatiivautodeni.

Nimetatud valgustussüsteem ehitatakse kas:

- olemasoleva (üld)valgustuse baasil tingimusega, et samad valgustid on normaalolukorras käsitsi juhitavad ka ruumide valgustite lülititest;

- reageerimistee valgustamiseks paigaldatakse eraldiseisvad valgustid, mis rakenduvad ainult häire korral;
- kombineeritud süsteemi, kus on kasutusel nii olemasolev üldvalgustus kui ka juurde lisatavad eraldiseisvad valgustid.

### **B. Kuumutusseadmete blokeering**

Kuumutusseadmete (keris, pliit ja kubu) väljalülituse automaatika ehk blokeeringute ehitamise vajadus on tingitud olukorrast, kus häirele kiire reageerimise korral kas ei jõuta välja lülitada või võivad ununeda tööle hoones asuvad kuumutusseadmed, nagu elektripliit, sauna keris jms. Selleks paigaldatakse nimetatud seadmete toiteahelatesse katkestid (nt magnetkäivitid), mis tagavad nimetatud seadmete väljalülitumise häire korral. Signaal seadmete väljalülitamiseks võetakse häireseadme potentsiaalivabalt releekontaktilt, mis tagastub pärast häire lõppu. Seadmete tagasi sisselülitamine toimub ohutuse mõttes käsitsi ja selleks paigaldatakse nimetatud seadmetele kas eraldiseisvad tagastusnupud või üks ühine tagastusnupp, mille asukohad täpsustatakse tööde käigus.

### **C. Valgusfoorid operatiivautode garaažide mootorajamiga tõstandustele**

Valgusfooride paigaldamise vajadus on tingitud häirele kiire reageerimise korral ohutuse tagamiseks ehk et auto ei sõidaks enne välja, kui uks on täielikult avanenud. Selleks paigaldatakse igale uksele sisse- ja väljapoole autojuhi-poolsele küljele punane ja roheline foor. Ukse avanema hakates süttib punane foor, mis põleb seni, kuni uks jõuab ülemisse asendisse ja siis süttib roheline foor. See on märguandeks, et operatiivauto võib välja sõita. Ukse sulguma hakates kustub roheline foor ja süttib punane foor, mis põleb seni, kuni uks jõuab alumisse asendisse ehk on täielikult sulgunud.

Ukse avamise signaali annab autojuht puldist ja sulgumise signaal tuleb aegreleest, mille viide sätestatakse vastavalt konkreetse objekti tehnilisele vajadusele.

### **D. Garaažide üldvalgustuse automatiseerimine**

Süsteemi olemus seisneb selles, et pimedal ajal väljakutselt tagasipöördumise korral süttib koos garaažide tõstanduste avanemisega ka garaažide üldvalgustus, vajadusel võib sellega siduda ka olemasoleva reageerimistee valgustuse. Valgustuse hilisem väljalülitamine toimub ruumipõhiselt kas olemasolevate valgustuse lülititega või mõningatel juhtudel vastavalt hoone spetsiifikale ka aegreleega. Olukorras, kus objektile on ehitatud tavavalgustusest eraldiseisva süsteemina reageerimistee valgustus, võib ka võimalusel selle väljalülituse seadistada aegreleega või eraldiseisva lülitiga.



## E. Alarmkilp

Ehitatakse vastavalt hoone kasutaja soovile kas varasemalt valminud ja kasutuses olevatel objektidel, kus on selle ehitamine tingitud hoone kasutuse erinõuetest või moodustab nimetatud kilp seondvalt oma asukohaga, nt dišpetseri, valvuri, jälgimisseadmete vms ruumis, täienduse hoone automaatikasüsteemile.

Alarmkilbid jagunevad oma olemuselt:

- tugevvoolu- ja toitesüsteemide olekute jälgimise kilbid;
- hoone erisüsteemide ja -seadmete järgimise kilbid;
- kombineeritud kilbid.

Tugevvoolu- ja toitesüsteemide alarmkilpi tuuakse kokku ja visualiseeritakse märgutuledega (punane, roheline) kogu hoone kriitilised süsteemid, nagu:

- peakaitsme asend (sees, väljas, trip);
- RLA juhtimise olek (auto, 0, käsi), asend (võrk, generaator) ja üldhäire;
- generaatori juhtimise olek (auto, 0, käsi) ja üldhäire;
- kütusemahuti täituvus (täis, ½, min);
- UPS-i olek ja häire;
- muude objektile olevate eriseadmete olekud ja häired.

Näide alarmkilbi paneelist:



Joonis 4.1. Alarmkilbi paneel

## **F. Vilkurid mürarikastesse ruumisesse**

Käesoleva tööga seotud objektidel on üldjuhul sellisteks ruumideks operatiivautode pesulad, treeningusaalid (muusika) ja samuti mõned mürarikkad ruumid, nagu näiteks garaaž, kus asub kompressor jms.

Vilkurina kasutatakse üldjuhul kollast vilkurit ja see paigaldatakse ruumis selle kasutajatele kõige paremini nähtavasse asukohta. Vilkur hakkab tööle koos häiresignaaliga ja lülitub välja häire lõppemisel, häire kestus on üldjuhul 5 (viis) minutit.

## **G. Operatiivautode kombineeritud laadimispistikud**

Süsteemi ehituse kirjeldus:

Operatiivautodele on vajalik luua elektritoite 230 V ühenduskohad akude laadimiseks, mootori plokisoojenduste tööshoidmiseks ja pidurisüsteemi suruõhu rõhu etteantud tasemel hoidmiseks. Samas peab säilima ka olemasolevate toitekaablite ja õhu kasutusvõimalus.

Operatiivautoga on kaasas 5,0 m pikkune spetsiaalne pikenduskaabel koos vajalike pistikutega, mis sisaldab suruõhuliidest ja 230 V elektriühenduse liidest, s.t., et ühes pikenduskaablis kulgeb auto laadimiseks suruõhk + elekter 230 V.

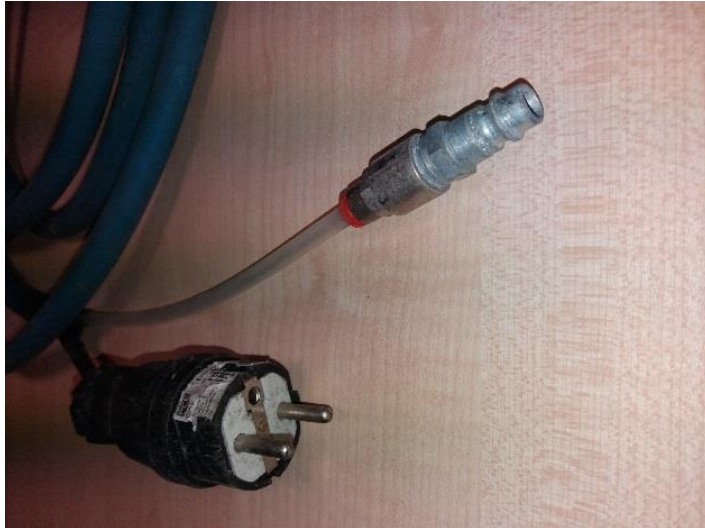
Tööde käigus paigaldatakse vajalikud elektritoite pistikupesad 2 x 230 V ja suruõhu ühendused lae alla või nii kõrgele, et olemasolev pikendusjuhe ulatuks auto küljes paikneva kombiühenduse pesani, mis on orienteeruvalt 5 meetri kõrgusele põrandast. Teine pistikupesa on mõeldud auto teiste süsteemide, nagu näiteks paagi- või konteineri laadimiseks. Kui lagi on liiga kõrge ja originaalkaabel jääb lühikeseks, siis paigaldatakse ühenduskoht autole lähemale, kuid arvestusega, et see ei jää ette väljasõitvale autole ehk ei asu selle väljasõiduteekonnal. Ühenduspesade õigele kõrgusele paigaldamiseks kasutatakse eraldiseisvat ja tugevdatud ehitusega kronsteini.



**Joonis 4.2.** Kombineeritud laadimispunkti ühenduskoht-1



**Joonis 4.3.** Operatiivauto kombineeritud laadimispunkti ühenduskoht lae all



**Joonis 4.4.** Operatiivautoga ühendatavad kombineeritud elektri ja õhu ühenduspistikud

Laadimispunkti ehitamisel tuleb arvestada ka laest autoni kulgeva kaabli kompensaatori kinnitusega, kuna auto käivitamisel hüppab pikenduskaabel auto küljest lahti (automaatselt pärast süütevõtme keeramist) ja seondult sellega ei tohi autopoolne pikenduskaabli pistik põrandale kukkuda (võib puruneda), vaid peab jääma auto kõrvale rippuma.

## **6. PARENDUSTE TEOSTAMINE JA TULEMUSED**

### **6.1. Tööde tehniliste kirjelduste koostamine**

Järgnevalt on välja toodud tööga seotud objektide uuringute tulemuste põhjal koostatud suuremamahuliste hangete tööde objektipõhised tehnilised kirjeldused, mis on olnud aluseks parendustöödega seotud hangete läbiviimisel. Arvestades asjaoluga, et tööga seotud objektide arv oli suur (ca 50) ja objektid paiknesid oma asukohalt üle Eesti, siis korraldas töö autor tööde teostamiseks ka erinevate otsustustasanditega (OT2, OT3, OT4) riigihankeid.

Alljärgnevad tehnilised kirjeldused on suuremate tööde mahuga seotud hangete (OT2, OT3) puhul esitatud hankepõhiselt.

Väiksemamahulisemate tööde mahuhangete (OT4) puhul, mis hõlmasid ühte või mitut eelkirjeldatud parendusliku süsteemi projekteerimist ja ehitamist, on nendest parema ülevaate saamiseks tehnilised kirjeldused ära toodudiga konkreetse parendusliku süsteemi(de)põhiselt. Need sisalduvad käesoleva magistritöö alapunktis 5.2. Parendamise erilahendused.

Järgnevalt annab töö autor ülevaate erinevate riigihangete tarbeks koostatud tehnilistest kirjeldustest ja kirjeldab nendega seonduvate tööde korraldamist.

#### **A. RLA-de rekonstrueerimine ja generaatoritele testkoormuste ühenduspunktide projekteerimine ja ehitamine 17 objektil**

Toodud tööde kirjelduste koondtabeli alusel koostas töö autor kõikide objektide tööde jaoks objektipõhised tehnilised kirjeldused koos selgitavate joonistega, mis on olnud HD lahutamatuks osaks.

**Tabel 6.1.** Objektide ülevaatusel koostatud tööde kirjelduste kokkuvõte

OBJEKT	TÖÖDE KIRJELDUS
Objekt 1	TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 2	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 3	Objektil 2 generaatorit; RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 4	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega) + TK-ühenduspistik 125 A.
Objekt 5	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 63 A ühenduspistikuga.
Objekt 6	Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 7	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; RLA- ja GEN-signaalide sidumise valmidus hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 63 A ühenduspistikuga.
Objekt 8	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; RLA- ja GEN-signaalide sidumise valmidus hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 63 A ühenduspistikuga.
Objekt 9	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; RLA- ja GEN-signaalide sidumise valmidus hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 63 A ühenduspistikuga.
Objekt 10	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; RLA ja GEN signaalide sidumise valmidus hooneautomaatikaga;

	TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 125 A ühenduspistikuga.
Objekt 11	Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 12	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 125 A ühenduspistikuga.
Objekt 13	3 tk RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; 2 tk generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; 3 tk RLA- ja 2 tk GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; 2 tk TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 14	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; RLA- ja GEN-signaalide sidumise valmidus hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 63 A ühenduspistikuga.
Objekt 15	Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine (voolulattidega).
Objekt 16	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 125 A ühenduspistikuga
Objekt 17	RLA rekonstrueerimine vastavalt projektile; Generaatorile võrku sünkroniseerimise võimekuse ehitamine; RLA- ja GEN-signaalide sidumine hooneautomaatikaga; TK-kilbi ehitamine ja paigaldamine 63 A ühenduspistikuga.

Tabelis oleva kirjelduse „RLA- ja GEN-signaalide sidumise valmidus hooneautomaatikaga” all mõistetakse olukorda, kus hoones puudub toimiv automaatikasüsteem ja valmidus tähendab vastavalt juhendile [1] kõikide sidumist nõutavate signaalide tarbeks tööga seotud jaotuskeskuses klemmliistude paigaldamist, kuhu on koondatud vastavate signaalide ühenduste väljavõtted.

Järgnevalt on ära toodud Tabelis 6.1 kirjeldatud objektidel teostatud ülevaatuste alusel koostatud tehniline kirjeldus (ühe objekti näitel):

Objekti elektritoitesüsteem – madalpinge peajaotussüsteemid:

- juhistiku süsteem: TN-C peakilbini;
- peakilbis lahutus TN-C-S;
- hoones sees TN-S juhistikusüsteem;
- toitepinge: 3 x 230 V/400 V 50 Hz;
- liitumispunkt on olemasolevas alajaamas;
- peahoone peakilp 01PK, peakaitsmega 2 x (3 x 400) A on ühendatud liitumispunktiga kaabelliinidega 2 x (AXMK 4 x 300).

#### Mõõte-arvestussüsteem:

- elektrienergia tarbimise kommerts mõõtmine toimub alajaamas asuvas liitumispunktis.

#### Varutoitesüsteem:

- hoones generaatorseade võimsusega 260 kVA/200 kW (vajab testkilpi).

Generaatori näivvõimsuse-/võimsusena on kajastatud pidevtöö ESP-režiimi võimsused.

#### Tööde üldine kirjeldus:

Olemasolev RLA-kilp ei vasta tehnilistele nõuetele, ehitada uus RLA-kilp:

- kasutada mootorajamiga lüliteid ja pingekontrolli releedega lahendust;
- RLA-kilp keldrikorrusele – ruum nr XX seinale, Tellija näidatud asukohta;
- teostada RLA-kilbi elektri-installatsioon ruumis nr XX asuva peakilbiga;
- RLA-kilpi paigaldada diisलगeneraatori omatarbe fiidrid.

#### Uus RLA-kilp ehitada mootorajamiga lülititega, kus:

- kasutada pingekontrollireleedega lahendust;
- lülitite (vinnastus, sisse- ja väljalülitamine) juhtimispinge 24 V DC;
- lülitid varustada käsitsi lülitamisvõimalusega;
- mõlemad lülitid varustada ümberlülitavate abikontaktidega:
  - 1 x trip kontaktiga;
  - 1 x sees kontaktiga;
  - 2 x väljas kontaktiga;
  - 1x lülitite oleku signaalid siduda hooneautomaatikaga;
  - kõigi kontaktide signaalid tuua ühtsele klemmliistule.



RLA lülitite põhiolukorrad:

Elektri toitevõrgus normaalse pinge olemasolul on mootorajamiga lüüti jõukontaktid;

- normaalolukorras ühendatud elektritoitevõrguga;
- elektritoitevõrgus pinge kadumisel või langemisel alla etteantud väärtuste ja/või lubatud normide käivitub diisलगенераатор etteantud viitega ja mootorajamiga lüliti jõukontaktid lülitatakse ümber diisलगенерааторi toitevõrku;
- elektri toitevõrgu taastumisel taastub esialgne olukord;
- RLA-süsteem siduda generaatori testkoormuse ühenduspunktiga vastavalt testkoormuse läbiviimise nõuetele, et juhul, kui testimise ajal kaob võrgupinge, siis lülitatakse testkoormusseadme toide koheselt välja ja objekti elektritarbijad viiakse koheselt üle generaatorseadme toitele.

RLA ja diisलगेनेराатори signaalid siduda hooneautomaatikaga vastavalt RKAS juhendile „Tehnilised nõuded mitteeuhoonetele 2017” punktile 11 Hooneautomaatika.

Vedada uuest RLA-kilbist diisलगेनेराатори jaoks vajalik kaabledus õues asuvasse hoonesse.

RLA-kilbist uude ehitisse (olemasoleva diisलगेनरээтरी uus asukoht) tulev kaabeldus peab olema muhvita ning peab paiknema pinnases. Läbiviik hoone ja uue ehitise konstruktsioonidest peab olema hermeetiline ning paiknema koormust taluvas hülsis.

Ühendada ruumis nr XY asuv ARL-kilp uue RLA-kilbi toitele, analoogselt ühendusskeemiga, kasutades olemasolevat peakilbi ja ruumi nr XY ARL-kilbi vahelist kaablit.

Demonteerida ning utiliseerida olemasolev RLA-kilp, kontrollerr, andurid ja nende ruumisisene kaabeldus.

Korradastada ruumis nr XX asuv peakilp PJK ja ruumis nr XY ARL-kilp:

- markerida sisenevad-väljuvad kaablid;
- kontrollida ja vajadusel pingutada kõiki kilbiseseid kontaktühendusi;
- puhastada ja korrastada kilbid;
- joonestada DWG-formaadis kilbiskeemid;
- paigaldada kilpidesse A4 formaadis (kiletaskus) paberkandjal kilbiskeemid.

Ehitada generaatorile teskoormuse ühenduspunkt ehk testkoormuse kilp TK.

Nõuded TK-kilbi ehitamiseks on sarnased järgmises alapunktis B toodud testkoormuse ühenduspunkti ehitamise tehnilise kirjeldusega ja seega neid selle tehnilise kirjelduse mahus ära toodud ei ole.

Teostada TEST-katsetused, mis hõlmavad RLA rakendumist erinevates olukordades, nagu põhitoite kadumine, generaatori koormustesti teostamine ja hoone toitepinge kadumine koormustesti teostamisel.

### **B. Testkoormuse ühenduspunkti ehitamise tehniline kirjeldus**

Tehniline kirjeldus on toodud kahe erineva testseadme elektrilise ühendusviisi kohta:

#### **1. Voolulattidega ühendus:**

- objektile on paigaldatud diisलगeneraator (mark) võimsusega (... kVA / ... kW);
- olemasoleva RLA-keskuse jõuosad on ehitatud mootorajamiga lülitite baasil;
- testkoormusseadme ühendamiseks generaatorseadmega paigaldada olemasoleva (asukoha kirjeldus) TK-kilp, mille asukoht täpsustatakse enne paigaldust Tellijaga/generaatori hooldajaga (firma nimi);
- TK-kilpi toidetakse generaatorseadme pea-automaadi klemmidelt, mille ühenduste tegemiseks paigaldada nn nelikklemmid;
- TK-kilpi paigaldada šunt-/hetkvabastiga kaitselüliti, mille kaudu toidetakse testkoormusseadme ühendusklemme;
- kaitselüliti šunt-/hetkvabasti ühendatakse toite sisendis pingekontrolli-releega, mis kontrollib toitevõrgu olemasolu;
- juhul, kui testimise ajal kaob võrgupinge, siis lülitatakse testkoormus-seadme toide koheselt välja ja objekti elektritarbijad viiakse koheselt üle generaatorseadme toitele;
- testkoormusseadme ühendusklemmid kilbis teostada voolulattidega, mille külge saab poltliidetega, -ühendustega kinnitada testkoormuse ühenduskaabli;
- kasutatavate poltliidete avade ehk poltide läbimõõt kooskõlastada generaatori hooldajaga;
- TK-kilpi paigaldada kilbisoojendus.

TK-kilp peab olema:

- metallist kestaga (IP ja IK taseme nõue täpsustatakse objektipõhiselt);
- lukustatav spetsiaalse võtmega;
- maapinnal paiknemise korral alusraamil ja pinnasest metallist põhjaga eraldatud.

Teostada TEST-katsetused, mis hõlmavad RLA rakendumist erinevates olukordades, nagu põhitoite kadumine, generaatori koormustesti teostamine ja hoone toitepinge kadumine koormustesti teostamisel. Viia läbi kontrollmõõdistused ja audit.

## 2. Pistikühendusega:

- testkoormusseadme ühendamiseks generaatorseadmega paigaldada ruumi siseseinale joonisel näidatud asukohta TK-kilp, millesse paigaldada šunt-vabastiga kaitselüliti, mille kaudu toidetakse hoone välisseinale paigaldatavat testkoormusseadme ühendamiseks TK-kilbis asuvat ühenduspistikut;
- TK-kilpi toidetakse generaatorseadme pea-automaadi klemmidelt;
- kui testimise ajal kaob võrgupinge, siis lülitab šunt-vabastiga kaitselüliti testkoormusseadme koheselt välja ja hoone garanteeritud toitel olevad elektritarbijad viiakse üle generaatorseadme toitele;
- testkoormusseadme ühendamiseks generaatorseadmega paigaldada hoone välisseinale testkoormusseadme ühenduskilp TK, mille täpne asukoht on näidatud joonisel;
- TK-kilpi paigaldada testkoormusseadme ühendamiseks (32, 63 või 125) A pistik;
- TK-kilbi alumises servas peab olema nn kaar (isoleeritud servaga) väljuva kaabli jaoks, et testimise ajal on võimalik kilbi uks sulgeda.

TK-kilp peab olema:

- metallist kestaga (IP ja IK taseme nõue täpsustatakse objektipõhiselt);
- lukustatav spetsiaalse võtmega.

Teostada TEST-katsetused, mis hõlmavad RLA rakendumist erinevates olukordades, nagu põhitoite kadumine, generaatori koormustesti teostamine ja hoone toitepinge kadumine koormustesti teostamisel.

Viia läbi tööga seotud elektripaigaldise osa kontrollmõõdistused ja audit.

Järgneval joonisel on kujutatud hoone seinale paigaldatud voolulattidega TK-kilpi.



**Joonis 6.1.** Voolulattidega TK-kilp hoone seinal

Järgneval joonisel on kujutatud jalandiga pinnasesse paigaldatud TK-kilpi.



**Joonis 6.2.** TK-kilp jalandiga pinnases

### **C. Reageerimistee valgustuse ehitamise tehniline kirjeldus**

Reageerimistee valgustuse väljaehitamise üldine tehniline kirjeldus, mis konkretiseeritakse ja täpsustatakse objektipõhiselt:

- ehitada reageerimistee valgustid häirete teavitussüsteemi poolt juhitavateks (valgustus süttib koos häiresignaali) tingimusel, et samad valgustid on normaalolukorras käsitsi juhitavad ka ruumide valgustite lülititest;
- vajadusel paigaldada reageerimisteele lisavalgustid;
- signaal reageerimistee valgustuse sisselülitamiseks võtta x. korruse ruumis nr y asuvast häireseadmest (eraldi releeväljund). Häireväljund on aktiivne 5 (viis) minutit;
- olemasolevatele valgustite liinidele lisada vajalikud lisa-juhtahelad, käivitusaparatuur ja vajadusel teostada uus kaabeldus;
- kaabelduse teostamine kas pinnapealselt ja/või süvistatult kooskõlastada eelnevalt Tellijaga.

Näide reageerimistee kirjeldusest:

- x. korruse ruumid nr 1, 2, 3, 4 ja 5 ja y. korruse ruumid nr 1, 2 ja 3;
- x. ja y. korruse ruumid ja ruumide numbrid, kus häire korral peab valgustus süttima, on esitatud HD-s oleval joonisel.

### **D. Kuumutusseadmetele blokeeringute ehitamise tehniline kirjeldus**

Hanke objektipõhine tehniline kirjeldus kuumutusseadmete (keris, pliit ja kubu) väljalülituse automaatika ehitamiseks:

- lisada seadmetele (mis võivad ununeda väljakutse häire korral tööle):
  - keris (saun) – ruumi nr 1 vastavalt HD-s esitatud objekti joonisele;
  - pliit ja kubu (köök) – ruumi nr 2 vastavalt HD-s esitatud objekti jooniseletoiteahelasse katkesti (nt magnetkäiviti), mis tagab nimetatud seadmete väljalülitumise väljakutse häire korral;
- seadmete (keris ja pliit/kubu) sisselülitamine toimub käsitsi, selleks paigaldada nimetatud seadmetele tagastusnupud, mille asukohad täpsustada ja kooskõlastada eelnevalt hoone Kasutajaga;

- häiresignaal kuumutusseadmete väljalülitamiseks võtta ruumis nr 1 asuvast häireseadmest (eraldi releeväljund), mille asukoht hoones on kujutatud hoone plaanil. Seadme häireväljund on aktiivne 5 minutit;
- kuumutusseadmete (pliit ja kubu) toiteliinidele lisada vajalikud lisa-juhtahelad, käivitusaparatuur ja vajadusel teostada uus kaabeldus;
- kaabeldustööd teostada pinnapealselt ja/või süvistatult, lahendused kooskõlastada eelnevalt Tellijaga;
- kaabeldustöödel kasutada võimalusel olemasolevaid kaabliteid/karbikuid või vedada kaablid ripplagede tagant. Seintel paigaldada kaabeldused juhtmekarbikutesse/-torudesse;
- joonestada objektide kuumutusseadmete väljalülitamise automaatika sekundaarskeemid;
- ajakohastada ja joonestada DWG-formaadis tööga seotud kilpide primaar- ja sekundaar-skeemid ning paigaldada kilpidesse ajakohastatud paberkandjal kilbiskeemid.

#### **E. Alarmkilbi ehitamise tehniline kirjeldus**

Projekteerida ja ehitada alarmkilp, mille alarmsüsteemid annavad märku rõhu kadumisest operatiivautode suruõhuga laadimise torustikust ja pinge kadumisest operatiivautode laadimissüsteemidest ning elektriliselt avatavate välisuste/värvate elektriseadmetest jne.

Põhilised nõuded:

- kilbil peab olema tagatud varutoide (eraldi toiteplokk akuga, UPS vms) põhitoite kadumisel;
- kilp peab olema varustatud iga signaali kohta LED-indikaatoritega oleku (roheline) ja häire (punane) kohta;
- paigaldada jaotuskilpidesse vastavale toitegrupile pingekontrolli releed, signaal peab alarmkilpi saabuma ka vastava toitegrupi rikkevoolukaitse lüliti rakendumisel;
- rõhuandurist, uste ajamite toidetelt, toitekaabli ning UPS-seadme ning operatiivautode laadimisseadme toitelt võtta alarmseadmele ahelad, mis annavad teavet kontrollitavate seadmete hälvetest (pinge puudumine või madal õhurõhk torustikus);
- paigaldada operatiivautode laadimistorustikule rõhuandur skaalas 0–10 bar, mis peab omama potentsiaalivaba kontakti ja mis tuleb reguleerida paika kõrgeima rõhu järgi, mida operatiivautode süsteemides kasutatakse;

- anduri rõhu vahemik peab olema reguleeritav;
- alarmkilp paigaldada meeskonna (puhke)ruumi või nimetatud ruumi(de)le võimalikult lähedale;
- juhul kui alarmkilp paigaldatakse meeskonna (puhke)ruumi(de)st tehniliste iseärasuste tõttu kaugemale, siis paigaldada eraldi summer meeskonna (puhke)ruumi(de) lähedale;
- summer peab olema kilbilt vaigistatav;
- alarmsüsteem peab olema varutoiteallika toitel.

#### **F. Operatiivautode kombineeritud laadimispunkti ehitamise tehniline kirjeldus**

Üldised nõuded süsteemi ehitamiseks:

- pistikupesade kaabeldus tuleb üldjuhul teostada pinnapealselt, plastikust paigaldustorudes ja/või kaabliteedel;
- pistikupesad peavad olema fiksaatoriga, mis ei laseks pikenduskaabli pistikul tõmbel pesast välja tulla;
- toitekaabelduse ristlõike valikul tuleb arvestada asjaoluga, et auto ühenduseks (laadimiseks) vajalik vool on maksimaalselt 20 A;
- ühendused teostatakse võimalusel olemasolevalt laadimisgrupi liinilt, selle puudumisel või mittesobivusel (vale ristlõikega kaabel, vastava kaitseaparatuuri puudumine vms) tuleb elektritoide võtta nt garaaži või selle osa teenindavast jaotuskilbist, milleks tuleb kilpi paigaldada vastav kaitseaparaat:
- õhutorud paigaldatakse õhuvõtu kohast laadimiskaabli ühenduskohani üldjuhul lakke kinnitatult, milleks kasutatakse spetsiaalset survetoru ja liitmikke (plasttorusid ei ole lubatud kasutada);
- suruõhu kiirliite ühendus kinnitatakse kohtkindlalt pistikupesade kõrvale.

Tööde teostamisel tuleb arvestada ka laest autoni kulgeva kaabli kompensatoori kinnitusega, et tagada pikenduskaabli pistiku rippu jäämine.

#### **G. Valgusfooride paigaldamise tehniline kirjeldus**

Hanke objektipõhine tehniline kirjeldus valgusfooride paigaldamiseks operatiivautode mootorajamiga juhitavatele garaažide ustele:

- paigaldada vastavalt HD-s esitatud joonisele automaatikaga juhitavatele garaažide tõstandustele nii sisse- kui ka väljapoole valgusfoorid (punane ja roheline);

- foorid paigaldada väljastpoolt vaadates paremale poole ja seestpoolt vaadates vasakule poole ukse kõrvale seinale autojuhi silmade kõrgusele;
- fooride lülituse algoritm:
  - uks on suletud (alumine asend) – foorid on kustunud (ei tööta kumbki foor)
  - uks avaneb (liigub alt üles) – süttib ja põleb punane tuli kuni
  - uks jõuab ülemisse asendisse – süttib roheline tuli (roheline põleb seni, kuni uks on ülemises asendis) ja kustub, kui
  - uks hakkab sulguma (liigub ülevalt alla) – süttib punane tuli ja põleb kuni
  - uks on suletud (alumine asend) – foorid on kustunud (ei põle kumbki tuli)
- fooride juhtimise lahendusena võib kasutada, kas:
  - ukse siinile paigaldatud teekonnalüliteid (alumine ja ülemine) või
  - ukse juhtimise automaatikast võetud asendisignaali
- fooride juhtimise tehniline lahendus kooskõlastada Tellijaga;
- joonestada fooride lülitamise automaatika sekundaarskeem;
- ajakohastada ja joonestada DWG- ja PDF-formaadis tööga seotud kilpide skeemid.

Enne tööde alustamist tuleb Töövõtjal esitada Tellijale kooskõlastamiseks paigaldatavate fooride näidised (tootelehed) ja fooride juhtimisautomaatika primaar- ja sekundaarskeem.

## 6.2. Riigihanke korraldamine ja läbiviimine

Töös kirjeldatud uuringute alusel viis töö autor läbi palju eraldiseisvaid hankeid ja korraldas kirjeldatud süsteemide ehitustöid erinevatel objektidel:

- üle Eesti asuvatel 17 objektil teostatud elektritööd, mille käigus rekonstrueeriti hoonete elektripaigaldiste RLA-süsteemid ja ehitati objektidel asuvatele generaatoritele testkoormuste ühenduspunktid;
- paljudel (ca 50 tk) erinevatel objektidel valgusfooride, reageerimistee valgustuse, kuumutusseadmete blokeeringu ja generaatorite testkoormusseadmete ühenduspunktide väljaehitamine;
- teostatud on uuringud 13 objektile statsionaarse generaatori paigaldamiseks koos kütusemahutiga tingimusel, et põhitoite katkestuse korral viiakse garanteeritud



toitele kogu hoone elektripaigaldis. Uuringutele järgneb projekteerimise ja seejärel ehitushanke korraldamine ja ehitustööde Tellija, töö autori poolne järelevalve.

Arvestades asjaoluga, et hanke objektid olid üle Eesti laiali, otsustas töö autor hanke korraldajana jagada hanke vastavalt asukohtadele piirkonnapõhiselt kolmeks eraldiseisvaks järgnevaks osaks:

- Osa 1 – Piirkonna 1 objektid;
- Osa 2 – Piirkonna 2 objektid;
- Osa 3 – Piirkonna 3 objektid.

Tööde tehnilised kirjeldused koostati kõikidele objektidele eraldiseisvalt ehk objektipõhised tehnilised kirjeldused, millele lisandus tööde üldine tehniline kirjeldus.

Arvestades hanke objektide eripära oli kogu hanke dokumentatsioon kaitstud ärisaladuse nõudega ehk dokumentatsioon väljastati pakkujale alles pärast konfidentsiaalse teabe vormi allkirjastamist pakkuja juhatuse liikme või tema volitatud esindaja poolt.

Pakkumuse esitamise üheks oluliseks tingimuseks oli, et pakkumuse sai esitada kas ühele, kahele või kõigile kolmele osale, aga pakkumusi hinnati kõigi kolme osa kohta eraldi. Objektidega tutvumine pakkumuse esitamise ajal oli soovituslik, mitte kohustus. Hankele laekus neli pakkumust, kusjuures kõik pakkujad esitasid pakkumused kõigile kolmele osale. Hanke tulemuste hindamise ja pakkujate kvalifitseerumise käigus jäi alles üks pakkuja – firma, kelle pakkumus kõigile kolmele osale oli kõige odavam ja kes vastas kõikidele hanke tingimustes esitatud kvalifitseerumise tingimustele.

Objektidega tutvumise ja tööde teostamiseks töömaale lubamise eelduseks kõigil hanke objektidel oli hanke võitja töötajate objektidele lubamiseks isikuandmete kontroll.

### **6.3. Tööde teostamise järelevalve ja vastuvõtmine**

Pärast hankelepingu allkirjastamist külastas töö autor koos töövõtja esindajatega kõiki hanke objekte, mille käigus tutvustas tellija ja tutvus töövõtja olukorraga objektidel ja sai tellija esindajalt ehk töö autorilt tööde tehnilistele lahendustele vajadusel täpsustavaid selgitusi. Selle informatsiooni alusel koostas töövõtja hanke tööde ajakava ja alustas

tööprojektide kooskõlastamisega ja vajalike generaatoritega seotud ning pikema tarneajaga seadmete tellimisega.

Tööde käigus esile kerkinud olulisemate probleemide kirjeldus:

- tehniliste lahendustega seonduvad probleemid – mõningatel juhtudel selgus asjaolu, et hoone elektripaigaldise skeemid ja teostusjoonised ei olnud ajakohased, samuti kerkis üles probleeme generaatori ja RLA-signaalide sidumisel hooneautomaatikaga;
- generaatoritega seonduvad probleemid – paljudel objektidel selgus, et generaatoril puudus PMG ehk püsिमagnetergutus, mis on vajalik generaatori võrku sünkroniseerimiseks ja sellest tuleneva põhitoite taastumisel ümberlülituse korral teise toitekatkestuse vältimiseks, samuti oli vajalik ajakohastada ehk välja vahetada generaatori juhtpaneel;
- objektidel tööde teostamisega seonduvad probleemid – seonduvalt olukorraga, et hanke ajakava hõlmas ka aastavahetust ja selle mahus olevad piiripunktid olid nimetatud ajal ülekoormatud, siis tekkisid raskused objektidele pääsemiseks seoses inimeste ja transpordi suurenenud liikumisega.

## **6.4. Objektidel läbi viidud uuringute kokkuvõte**

Antud punktis kirjeldatakse kokkuvõtlikult töö autori läbi viidud kahe suuremahulise uuringu eesmärgi, aluseid ja läbiviimist koos nende põhjal koostatud kokkuvõtete ja hangete tööde tehniliste kirjeldustega.

### **A. Objektide varutoitegeneraatorite vajaduse uuringud ja paigaldamise tehnilised nõuded**

Tabelis 6.2 on esitatud kokkuvõtte 13 objektil teostatud uuringutest, eesmärgiga paigaldada hoonete varutoiteks kas

- statsionaarne generaator või
- ehitada mobiilse generaatori ühenduspunkt.

Otsus konkreetseks valikuks on saadud objektile oleva hoone kasutajalt.

**Tabel 6.2.** Objektide varutoitegeneraatorite vajaduste uuringud

Objektide varutoitegeneraatorite vajaduse uuringud							
Nr.	Objekt	LP kaitse [A]	Sisend fiidrite arv [tk]	Peakaitse PJK-s [A]	Generaator objektil [kVA/kW]	DGÜP [A]	Paigaldatav generaator
1	Objekt 1	100	1	40	*	63	mobiilne
2	Objekt 2	50	1	63	12/9,6	16	mobiilne
3	Objekt 3	63	1	63	*	125 + 16	statsionaarne
4	Objekt 4	50	1	50	*	32	mobiilne
5	Objekt 5	32	1	63	*	32	mobiilne
6	Objekt 6	100	1	160	*	63	mobiilne
7	Objekt 7	32	1	63	*	63	mobiilne
8	Objekt 8	2 X 80	2	2 X 80	40	125	statsionaarne
9	Objekt 9	40	1	40	6,5 /5	16	mobiilne
10	Objekt 10	100	1	100	*	125	statsionaarne
11	Objekt 11	80	1	100/100	*	32	statsionaarne
12	Objekt 12	125	1	125	*	63	statsionaarne
13	Objekt 13	63	1	63	*	63	mobiilne

Toodud tabel oli aluseks tööde tehniliste kirjelduste koostamisel.

Projekteerimise hankele koostatud tehniline kirjelduse näide ühe objekti põhjal:

**1. Olemasoleva olukorra lühikirjeldus:**

- hoone liitumispunkti peakaitse: 125 A;
- hoone peakilbi kaitselüliti: 125 A;
- objektile on paigaldatud mobiilse generaatori ühenduspistik 63 A;
- elektripaigaldisel on kehtiv positiivne auditi protokoll kuni 07.2025.

**2. Töövõtu ulatus ja tööde maht (koosseis):**

- hanke esmaseks eesmärgiks on koguda vajalik dokumentatsioon, mis on vajalik projekteerimistööde teostamiseks. Projekteerijal tuleb teostada vajalikud uuringud, mõõdistused ja olemasoleva elektripaigaldise olukorra kaardistamine ning tehnilise lahenduse projekteerimine elektrivarustuse parendamiseks/rekonstrueerimiseks vastavalt nõuetele [1] ja järgnevale tehnilisele kirjeldusele;
- uuringute, mõõdistuste ja olemasoleva elektripaigaldise olukorra kaardistamise käigus pöörata erilist tähelepanu hoone liitumispunkti läbilaskevõime ja/või

hoone peakaitsme suuruse sobivusele vastavalt reaalsele tarbimisele, eriti juhul, kui need suurused ei ole omavahel võrdsed;

- projekteerida objektile **statsionaarne generaator** koos kütusemahutiga.

Generaatori ja olemasoleva elektrisüsteemi sidumine peab vastama nõuetele [1].

Projekt peab olema koostatud põhiprojekti mahus ja lähtuvalt standardist EVS 811 ja sellises mahus ning sellise detailsusega, et oleks võimalik ehitustööde riigihanke läbiviimine ja ehitushinna määramine ilma, et ehitustööde mahu ja selle maksumuse määramiseks oleks vajadus hankida täiendavat informatsiooni, koostada täiendavaid projektlahendusi ja läbi viia täiendavaid uuringuid. Käesoleva hanke tulemusena koostatud projekti järgi peab olema võimalik määrata täpne tööde maht ja ehituse maksumus.

### 3. Elektriosa projekteerimine:

Töövõtu koosseisu kuulub generaatorseadme:

- valimine vastavalt hoone elektripaigaldise peakaitsmele;
- paigalduse lahenduse väljatöötamine (koos kütusemahutiga);
- sidumise projekteerimine hoone olemasoleva elektrisüsteemiga tingimusel, et garanteeritud toitega tagatakse **kogu hoone** elektripaigaldis.

Järgnev tööde kirjeldus on koostatud eesmärgiga täpsustada tööde kirjeldust ja mahtusid:

1. Koostada hoone(te) elektrisüsteemi struktuurskeem, millel näidata ära hoone olemasolevad jaotuskeskused.
2. Projekteerida garanteeritud toite RLA mootorajamitega lülititega järgnevalt:
  - lülitite (vinnastus, sisse- ja väljalülitamine) juhtimispinge sõltuvalt olemasolevast generaatorist;
  - lülitid käsitsi lülitamisvõimalusega;
  - lülitid varustada ümberlülitavate abikontaktidega juhtimiseks ja olekusignaalide viimiseks hooneautomaatikasse;
  - koostada primaar- ja sekundaarskeemid.
3. RLA lülitite põhiolukorrad, tegemist on ühe põhitoitega/sisendiga:
  - elektritoitevõrgus normaalse pinge olemasolul on mootorajamiga lüliti jõukontaktid ühendatud elektritoitevõrguga;

- elektritoitevõrgus pinge kadumisel või langemisel alla lubatu käivitub diisलगeneraator etteantud viitega ja mootorajamiga lüliti jõukontaktid lülitatakse ümber diisलगeneraatori toitevõrku;
  - elektritoite taastumisel võrgus taastub esialgne olukord.
4. Projekteerida uus või rekonstrueerida olemasolev peajaotuskilp mootorajamitega lülititega ja siduda see RLA-süsteemiga (peajaotuskilbi lahendus eelnevalt kooskõlastada).
  5. Projekteeritav süsteem peab olema võimeline taastama täielikult esmatarbijate elektrivarustuse maksimaalselt 15 sekundi jooksul pärast normaalrežiimi elektrivarustuse katkemist.
  6. Diisलगeneraatorsüsteem projekteerida tervikseadmena koos diisलगeneraatori ja generaatori juhtpaneeliga, võrguga sünkroniseerimiseseadmega, vibratsiooni isolaatoritega, vedelikjahutusradiaatori, kütteõli süsteemi, mürasummutiga heitgaasi süsteemiga ning kõigi vajalike lisatarvikute ja juhistikuga.
  7. Diisलगeneraator arvestada kütuse varuga ja generaatori pidevtööga 72 tunniks. Projekteerida mahuti(d) diiselkütuse säilitamiseks koos lekkevanniga ja vajalike lisadega.
  8. Projekteerida generaatori täiskoormusega testimiseks väljavõtte, arvestusega, et elektrivõrgus pinge kadumisel lülitub diisलगeneraatori toitele objekti koormus ja testseade lülitub välja:
    - testkoormusseadme ühendamiseks generaatorseadmega projekteerida hoone välisseinale testkoormusseadme ühenduskilp TK, mille täpne asukoht lepitakse kokku tööprojekti koostamisel;
    - TK-kilpi toidetakse generaatorseadme pea-automaadi klemmidelt;
    - TK-kilpi paigaldada šunt-vabastiga (hetkvabastiga) kaitselüliti, mille kaudu toidetakse testkoormusseadet ja pistik testkoormuse ühendamiseks;
    - kui testimise ajal kaob võrgupinge, siis lülitatakse testkoormusseadme toide koheselt välja ja objekti esmatarbevajadusega elektritarbijad viiakse üle generaatorseadme toitele;
    - TK-kilpi paigaldada kilbisoojendus;
- TK-kilp peab olema:
- lukustatav spetsiaalse võtmega;

- maapinnal paiknemise korral alusraamil ja pinnasest metallist põhjaga eraldatud.
9. Projektiga näha ette vajalike lülitamiste programm generaatori katsetuste ajaks.
  10. Generaatorseadme müra peab vastama määruse [15] nõuetele. Generaatorseade peab vastama kõigis punktides standardile [4].
  11. Esitada PJK RLA ja diisलगeneraatori töötamise algoritm ning RLA juhtimise põhimõtted.
  12. Projekt peab sisaldama detailset ehitustööde loetelu koos füüsiliste mahtude määramisega.
  13. Projekteerimistööde mahtu kuulub ehitusmaksumuse prognoosi koostamine lähtuvalt ehitusmahtude loetelust, prognoos peab olema koostatud kompetentse isiku poolt.

#### **Arhitektuurse ja konstruktiivse osa projekteerimine:**

Valida generaatorile asukoht hoonest väljas vastavalt hoone inventariseerimise joonistele ja ruumide paigutusele ning otstarbele. Arhitektuurses ja konstruktiivses osas tuleb lahendada generaatorite alused, teede ja katendite taastamine (mis on seotud elektritööde teostamisega), läbiviikude ehitamised, tuletõkketsoonidest läbiviikude tihendamised. Lisaks tuleb arvestada korruste plaanide, laeplaanide, välisala plaanide koostamisega ning tuletõkketsoonide pealekandmisega (juhul kui ei ole eelnevalt projektis toodud), need saavad aluseks garanteeritud toitekaablite paigaldamisele ning laialivedamisele.

Arhitektuurse osa projekteerimises tuleb määrata ka siseviimistluse taastamise lahendused ja mahud (täiendavate toitekaablite paigaldamisel rikutakse siseviimistlust, eriti nendes hoonetes, kus kaablite paigaldamist ei saa teostada pinnapealselt).

Konstruktiivne lahendus peab sisalduma arhitektuurses osas ning see peab lahendama generaatorite paigaldamise alused tööjoonise täpsusega. Generaatori alused peavad olema projekteeritud selliselt, et need oleks kohtkindlad (nt maa sisse valatud vundamendid või betoonkõrgendused) ning generaatorite teisaldamine ei oleks ilma suuremate ehitustöödeta võimalik. Generaatori aluste projekteerimisel tuleb arvestada konkreetse objekti iseärasustega (kas läheb haljasalale, olemasolevale parkimisplatsile, vms). Arhitektuurse ja konstruktiivse projekteerimise osad tuleb teha igale hoonele eraldi ning vormistada igale hoonele eraldi kaustana.

Tööde mahtu kuulub ka seadmete ja tööde detailse mahutabeli koostamine ja prognoosmaksumuse esitamine.

### **B. Objektidel olevate statsionaarsete generaatorite kütusekuluga seonduvad uuringud**

Uuringute esimeseks eesmärgiks oli määrata valimi alusel antud 20 objektil olevate varutoitegeneraatorite töötamise arvestuslik aeg etteantud 75% koormusel ja sellega kontrollida võimaliku töötamise aja vastavust objektil esitatud varutoite nõuetele.

Teise eesmärgina oli vajalik kaardistada olukord seonduvalt võimalustega suurendada generaatorite töötamise arvestuslikku aega ja seonduvalt sellega võimalusi objektidele lisakütusemahutite paigaldamiseks.

Uuringud teostati eeldusel, et kõikidel objektidel on elektritoite katkestuse korral garanteeritud toitel kogu hoone või tehakse vajadusel vastavad rekonstrueerimistööd kogu hoone elektripaigaldise viimiseks garanteeritud toitele.

Nende eesmärkide täitmiseks tuli kõigepealt teostada objektidega seonduva asjakohase dokumentatsiooni uuringud ja seejärel külastuste käigus kaardistada objektidel reaalne olukord. Külastustel kontrollis töö autor generaatorite marke, nende võimsuseid ning olemasolevate kütusemahutite suurust.

Magistritöö raames on seonduvalt uuringu dokumentatsiooni ja kokkuvõtetega seonduva dokumentatsiooni suure mahuga ära toodud ainult kokkuvõtte tabeli kujul.

Tööde tehnilised kirjeldused on osaliselt analoogsed juba varem käesolevas magistritöös äratooduga ja seonduvalt sellega neid sellesse alapunkti lisatud ei ole.

**Tabel 6.3.** Objektide generaatorite kütusekulu

Objektide generaatorite kütusekulu						
Nr.	Objekt					
		Objekti generaatori mark	Generaatori võimsus [kVA // kW]	Kütusekulu 75% [l/h]	Lisa kütusemahuti suurus [liitrit]	Töötamise arvestuslik aeg 75% koormusel [tundi]
1	Objekt A	C300 D5	300 // 240	40,9	1 500	36,7
2	Objekt B	GDD415	415 // 350	65,2	3 000	46,0
3	Objekt C	SDMO J88	88 // 70	15,2	1 000	65,8
4	Objekt D	Cummins C110D5	110 // 88	16,5	1 000	60,6
5	Objekt E	SDMO J44	44 // 32	7,5	1 000	133,3
6	Objekt F	SDMO JS60	66 // 53	9,5	1 000	105,3
7	Objekt G	SDMO V375C2	375 // 300	50,6	1 500	29,6
8	Objekt H	SDMO JS40	40 // 32	7,5	1 000	133,3
9	Objekt I	AKSA AD275	275 // 220	43,0	470	10,9
10	Objekt J	SDMO J88	88 // 70	15,2	1 000	65,8
11	Objekt K	SDMO J66	66 // 52	16,3	390	24,0
12	Objekt L	C825 D5A	825 // 660	140,0	12 000	85,7
13	Objekt M	C110D5	110 // 88	16,5	1 000	60,6
14	Objekt N	Meccalte ECO3-2L	20 // 16	5,2	350	67,3
15	Objekt O	GP176 Green Power	176 // 160	29,4	150	5,1
16	Objekt P	SGI275	275 // 220	32,0	3 000	93,8
17	Objekt Q	GS250	250 // 200	39,0	1 500	38,5
18	Objekt R	M7B250SC	250 // 180	24,0	1 500	62,5
19	Objekt S	VL02-40	40 // 32	7,0	1 500	214,3
20	Objekt T	SDMO J165	165 // 132	25,8	1 630	63,2

Tabeli koostamise aluseks oli objektide külastuste käigus kaardistatud kütusemahutite suuruse ja generaatorite tehniliste andmete kontroll, nende ESP-reitingu võimsuste alusel kütusekulu leidmine ja arvestusliku tööaja määramine 75% koormusel.

Koormus 75% on valitud arvestades reaalse olukorraga ja tõenäosusega, et hoone elektripaigaldise seadmed ja süsteemid ei tööta kunagi 100% ning avari korral lülitatakse vajadusel võimalikud suure koormusega süsteemid ja seadmed välja.



## KOKKUVÕTE

Antud magistritöö eesmärgiks oli kaardistada etteantud valimi alusel tööga seonduvate objektide elektripaigaldiste tegelikku seisukorda seonduvalt olemasoleva elektritoite varustuskindluse tagamise lahendustega, olemasolevate parenduslike lahendustega ja nendest tulenevate hoone kasutajate mugavuse ja ohutusega.

Töö teoreetilises osas on kirjeldatud erinevaid töö autori osalusel väljatöötatud parenduste lahendusi, mis on kasutusele võetud erinevate objektide elektripaigaldistes ning mille kasutamine on oluliseks eelduseks hoone kasutajatele ohutu töökeskkonna tagamisel.

Kogu protsess jaguneski järgnevateks suurteks alagruppideks, nagu eeltööd, dokumentatsiooniga seonduvad tegevused, objektidel teostatavad uuringud, riigihangete korraldamine ja läbiviimine ja lõpuks ehitamine ja tööde vastuvõtmine.

Eeltöö käigus tuli kõigepealt välja selgitada ja ära kuulata objektide kasutajate nägemused ja soovid ning seejärel pakkuda võimalikud lahendused, nende teostamise võimalused ja muu sellega kaasnev. Esines juhtumeid, kus eemalt vaadates väikese parendusliku muudatuse tegemiseks oli vajalik ära teha küllaltki suuremahuline eeltöö, näiteks olemasoleva elektripaigaldise või selle osa täielik või osaline rekonstrueerimine. Mõnedel juhtudel tulid teemaks ka liitumispunkti läbilaskevõime suurendamine ehk uue liitumise tegemine või ka kaasnevad ehitustööd, seda just seonduvalt statsionaarsete generaatorite ja kütusemahutite paigaldusega.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks oli vajalik kõigepealt läbi viia põhjalik objektide elektripaigaldistega seonduva dokumentatsiooni analüüs, mis tähendas esmalt asjakohase dokumentatsiooni kogumist. Seejärel toimus vajaliku informatsiooni leidmiseks/saamiseks selle põhjalik läbitöötamine ja koos sellega ka lühikokkuvõtete ning ülevaadete koostamine, mis oli eelinformatsiooniks enne objektide külastusi.

Järgnes uuringute praktiline pool ehk reaalse olukorra kaardistamine objektidel, mille käigus võrreldi dokumentatsiooni tegeliku olukorraga. Selle käigus ilmnas teatud hulgal

ebatäpsusi seadmete ja süsteemide tehnilistes andmetes ning samuti tuvastati erinevusi elektripaigaldise skeemide ja teostusjooniste ning reaalse olukorra vahel, mis üldjuhul oli tingitud objektidel vahepeal toimunud muudatustöödest.

Objektide ülevaastustel teostatud uuringute kokkuvõtete tegemise käigus selgus, et osade objektide elektripaigaldistes oli vajalik rekonstrueerida elektripaigaldist ja/või ehitada uusi või täiendada olemasolevaid parenduslikke süsteeme.

Uuringute tulemuste analüüsi ja kokkuvõtete põhjal töötati välja iga objekti põhiselt vajalikud tehnilised lahendused ja koostati vajalike rekonstrueerimise ja parenduslike tööde riigihangete läbiviimiseks vajalikud tehnilised kirjeldused.

Suuremamahuliste ja tehniliselt keerukamate tööde puhul tuli töö autoril teostada ka nende järelevalvet objektidel kohapeal, et lahendada jooksvaid küsimusi, välistada arusaamatusi ja probleeme. Selle eesmärgiks oli tagada tööde tõrgeteta teostamise ja suuremate probleemide tekkimise välistamine tööde vastuvõtmisel.

Tööde üheks vastuvõtmise oluliseks eelduseks peale nende vastavuse hanke tehnilisele kirjeldusele oli nende üleandmisel kõikide tööga seonduvate ehitatud ja/või paigaldatud seadmete ja süsteemide eesmärgipärane reaalne katsetamine, millest võttis osa ka hanke korraldaja või selle tehnosüsteemide vastutav insener ehk töö autor.

Käesolevaks ajahetkeks on magistritööga seotud objektidel vajalikud riigihanked tööde korraldamiseks läbi viidud ja nende alusel ka vajalikud tööd teostatud ning töövõtjatelt vastu võetud.

Magistritöös kirjeldatud elektripaigaldiste täiendamise ja parendamise lahendused on ajas pidevalt muutuvad, mis tähendab, et neid täiendatakse pidevalt ja samas otsitakse ka uusi kaasaegseid lahendusi seonduvalt hoonete kasutamisega pidevalt muutuvate nõudmistega ja nendes kasutatavate seadmete ja süsteemide tehnoloogiate pideva arenguga.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Riigi Kinnisvara AS. „Tehnilised nõuded mitteeluhoonetele 2020“. [veebileht] <https://nouded.rkas.ee/>
2. MTM määrus nr 63. „Ehitise auditi tegemise kord“. Riigi Teataja. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/120102020004> (07.03.2021)
3. MTM määrus nr 86. „Auditi kohustusega elektripaigaldised ning nõuded elektripaigaldise auditile ja auditi tulemuste esitamisele“. Riigi Teataja. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072015014> (07.03.2021)
4. International standard ISO8582-1:2018 „Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets. Part 1: Application, ratings and performance“, 2018. [veebileht] <http://www.evs.ee>
5. International standard ISO8582-5:2018 „Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets. Part 5: Generating sets“, 2018. [veebileht] <http://www.evs.ee>
6. Kuusk, A. „Diisलगeneraator – lihtne või keeruline 1“. Ajakiri „Elektriala“ nr 5. EETEL-EKSPERT. 2020.
7. Kuusk, A. „Diisलगeneraator – lihtne või keeruline 2“. Ajakiri „Elektriala“ nr 6. EETEL-EKSPERT. 2020.
8. Standard, EVS-ISO 8528-10:2005. – „Sisepõlemis-kolbmootoriga vahelduvvoolugeneraatorid. Osa 10: Õhumüra mõõtmise ümbritseva pinna meetodil“ [veebileht] <http://www.evs.ee>
9. Standard, EVS-EN ISO 8528-13:2016 – „Sisepõlemis-kolbmootoriga vahelduvvoolugeneraatorid. Osa 13: Ohutus“. [veebileht] <http://www.evs.ee>
10. Hoone tehnosüsteemide RYL 2002. II osa. Kvaliteedinõuded suurköökid, liftide, elektrisüsteemide (valgustus, telefonisüsteemid jne) ja elektrotehniliste süsteemide (andmeside, signalistasioon, turvasüsteemid) projekteerimiseks ja paigaldamiseks. Eesti Ehitusteabe Fond 2002.
11. Standard, EVS-EN 13341:2005+A1:2011. Kodumajapidamises kasutatava kütteõli, bensiini ja diisלקütuste maapealseks ladustamiseks kasutatavad termoplastsed statsionaarsed mahutid. Puhumisvormitud polüetüleen, rotovormitud polüetüleen ja polüamiid 6 anioonpolümeriseeritud mahutid. Nõuded ja katsemeetodid KONSOLIDEERITUD TEKST. [veebileht] <http://www.evs.ee>

12. Standard, EVS-EN 50160:2010 Elektri jaotusvõrkude pingetunnusväärtused. [veebileht] <http://www.evs.ee>
13. Standard, EVS-EN 62040-3:2011 Uninterruptible Power Systems (UPS). Part 3. [veebileht] <http://www.evs.ee>
14. Standard, EVS-HD 60364-7-710:2012 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-710: Nõuded eripaigaldistele ja -paikadele. Ravipaigad. [veebileht] <http://www.evs.ee>
15. Sotsiaalministri määrus nr 42 Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja müra taseme mõõtmise meetodid. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/129122020047> (07.03.2021)
16. LED Warning Lights Systems. [veebileht] <https://marvinsgaragedoors.com/2017/12/18/ledwarninglights/> (07.03.2021)
17. Töö autori intellektuaalne omand: koostatud juhendid, tehnilised kirjeldused, objektide ülevaatuste kokkuvõtted.

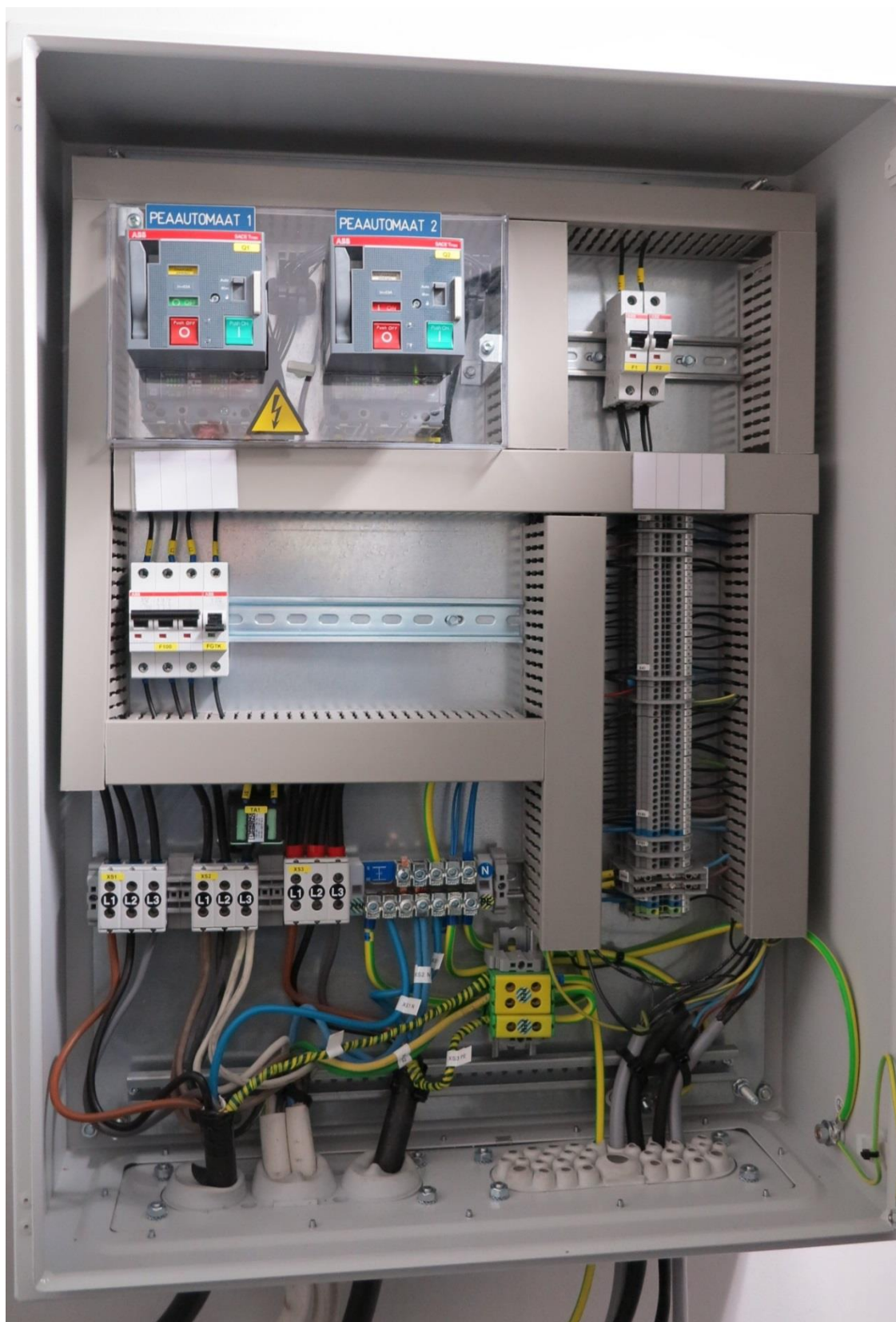
# LISAD

## Lisa 1. Kontaktoritega ehitatud RLA



Joonis Lisa 1. Kontaktoritega RLA – KM1 ja KM2 [17]

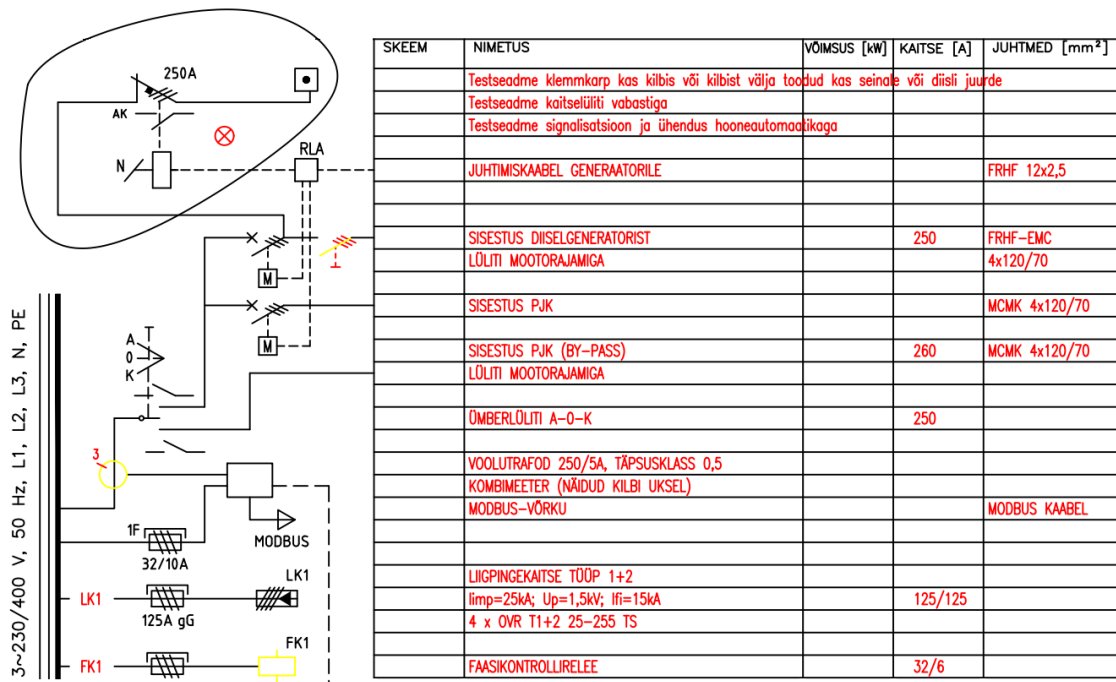
## Lisa 2. Mootorajamitega lülititega ehitatud RLA



Joonis Lisa 2. Mootorajamitega lülititega RLA – Peaautomaat 1 ja Peaautomaat 2 [17]

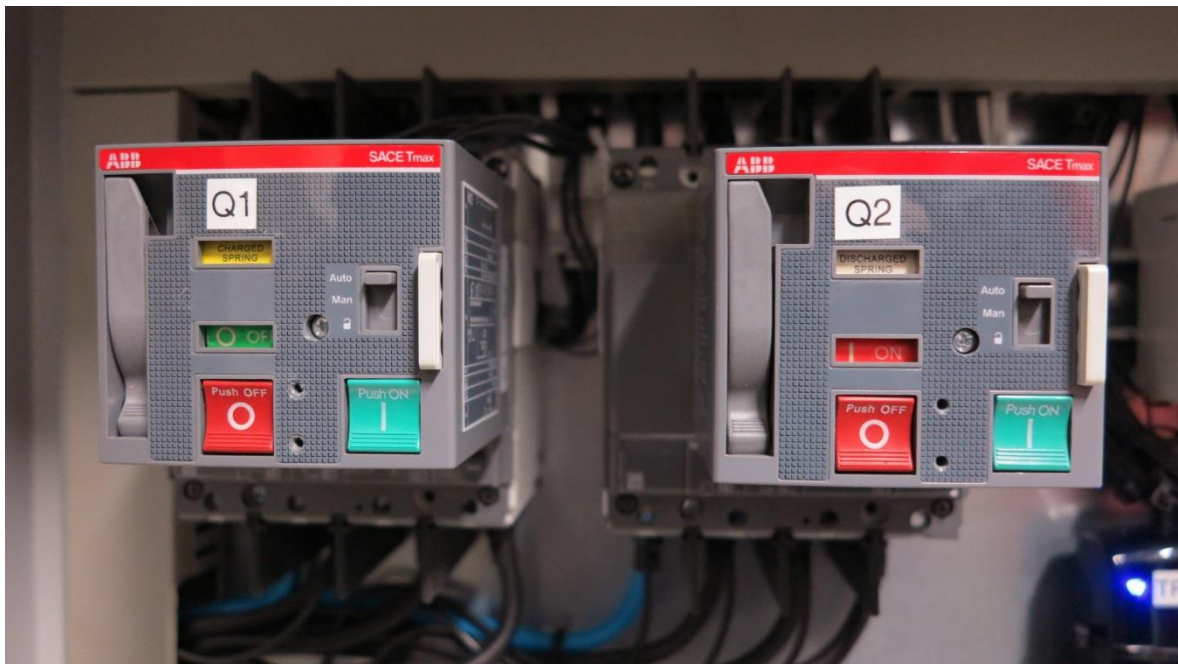


### Lisa 3. Mootorajamitega lülititega RLA, šuntvabasti ja TK-kilp skeemil



Joonis Lisa 3.1. Mootorajamitega lülititega RLA, šuntvabasti ja TK-kilp skeemil [17]

Järgnevalt on ära toodud rekonstrueeritud RLA mootorajamiga lülititega



Joonis Lisa 3.2. Rekonstrueeritud RLA mootorajamiga lülititega [17]

## Lisa 4. Operatiivautode laadimispunktid



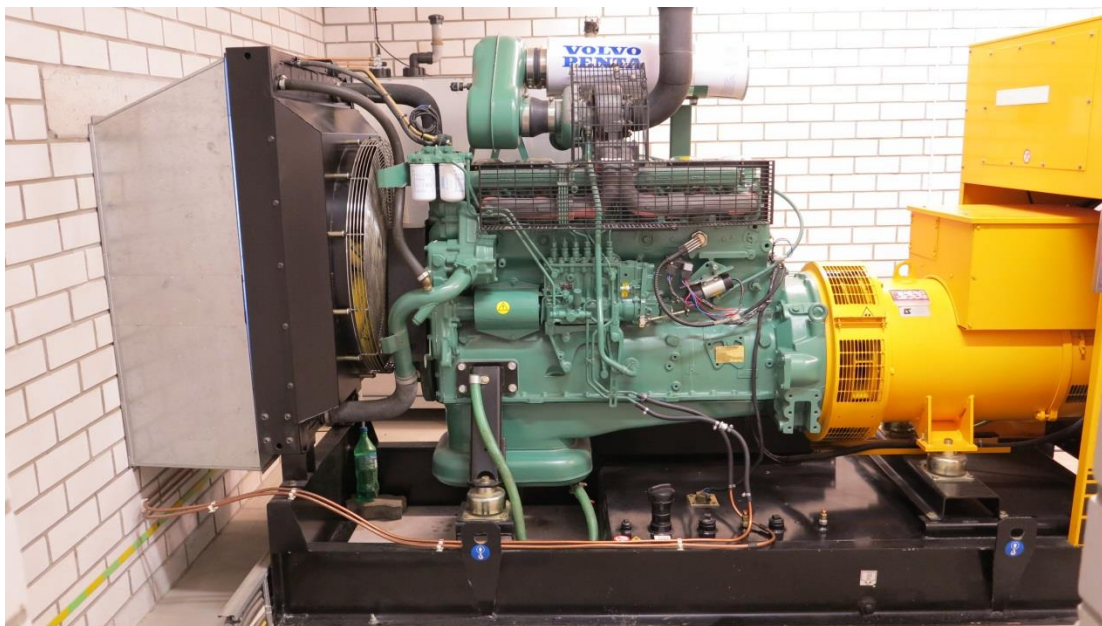
Joonis Lisa 4.1. Hoone seinal paiknev kahekohaline laadimispunkt



Joonis Lisa 4.2. Pinnases paiknev kahekohaline laadimispunkt



## Lisa 5. Varutoite generaatorid

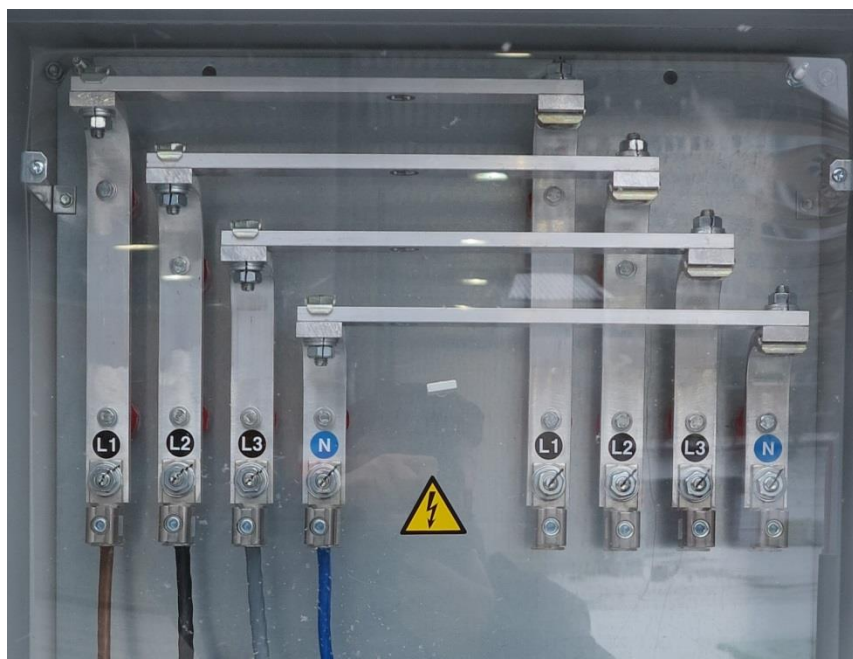


Joonis Lisa 5.1. Varutoite generaator siseruumis

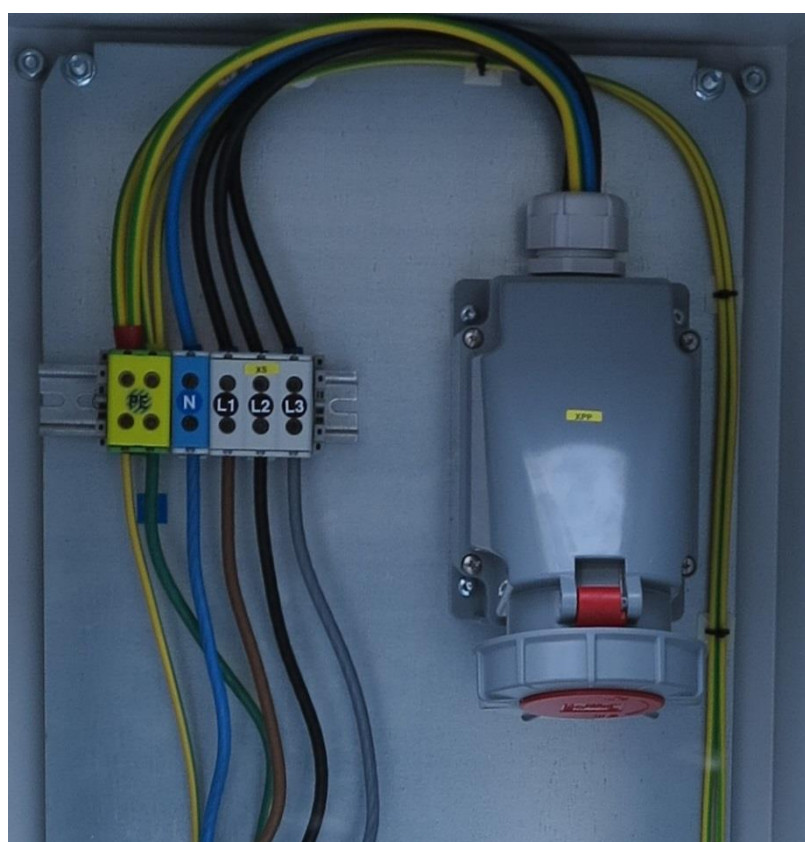


Joonis Lisa 5.2. Väitingimustes konteineris varutoitegeneraator

## Lisa 6. Tesatkoormuse ühenduspunktid



Joonis Lisa 6.1. TK-kilbi volulatilid testkoormusega ühendamiseks



Joonis Lisa 6.2. TK-kilbipistik koormusseadme ühendamiseks

## Lisa 7. Lihtlitsents

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, \_\_\_\_\_ Olev Kivisikk \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)

sünniaeg \_\_\_\_\_ 21.aprill 1959 \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

„Hoonete reservtoidete lahendused ja elektripaigaldiste parendamine“,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on \_\_\_\_\_ Andres Annuk \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_ Olev Kivisikk /allkirjastatud digitaalselt/ \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_ /digitaalallkirja kuupäev/ \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

### Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_ Andres Annuk /allkirjastatud digitaalselt/ \_\_\_\_ /digitaalallkirja kuupäev/ (*juhendaja nimi ja allkiri*)  
(*kuupäev*)